tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 62 nr. 4 1997

nederlands elektronica- en radiogenootschap

ISSN 03743853

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Correspondentie-adres: Postbus 39, 2260 AA Leidschendam.
e-mail: secretariaat@nerg.nl
Gironummer 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

Het Nederlands Elektronica- en Radiogenootachp (NERG) is een wetenschappelijke vereniging, gericht op elektronica, telecommunicatie en informatieverwerking.
Het doel van het NERG is om het wetenschappelijk onderzoek op deze gebieden te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.
(Internet WWW-site: www.nerg.nl)

BESTUUR

LIDMAATSCHAP

Voor het lidmaatschap wende men zich via het correspondentie-adres tot de secretaris. Het lidmaatschap van het NERG staat open voor academisch gegradueerden en anderen, die door hun kennis en ervaring bij kunnen dragen aan het genootschap. De jaarlijkse contributie bedraagt voor gewone leden *f* 75,- en voor junior leden *f* 39,-. Bij automatische incasso wordt *f* 3,- korting verleend.
Gevorderde 1e fase studenten en 2e fase studenten komen in aanmerking voor het junior lidmaatschap en kunnen daartoe contact opnemen met de contactpersoon op hun universiteit.
In bepaalde gevallen kunnen ook andere leden, na overleg met de penningmeester, voor een gereduceerde contributie in aanmerking komen.
De contributie is inclusief abonnement op het Tijdschrift van het NERG en deelname aan vergaderingen. Lezingen en excursies.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt gemiddeld vijf maal per jaar Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en de telecommunicatie. Auteurs, die publicatie van hun onderzoek in het tijdschrift overwegen, wordt verzocht vroegtijdig contact op te nemen met de hoofdredacteur of een lid van de redactiecommissie.

REDACTIECOMMISSIE

VAN DE REDACTIE

Vóór u ligt het vierde tijdschriftnummer van dit jaar. Wegens gebrek aan copy is de redactie er dit keer niet in geslaagd om, zoals gebruikelijk, vijf nummers van de jaargang uit te brengen.
Dit laatste nummer is gewijd aan de samenvattingen van promoties die in het afgelopen cursusjaar hebben plaatsgevonden aan de drie Elektrotechnische Faculteiten in Nederland.
Hierbij is uitsluitend gebruik gemaakt van de samenvattingen in de proefschriften en niet van publicaties in de pers over promoties.
Hoewel gestreefd is naar volledigheid, zou er een proefschrift overgeslagen kunnen zijn.
Wij stellen het op prijs in dat geval hiervan in kennis gesteld te worden, zodat dit proefschrift volgend jaar alsnog verwerkt kan worden.
De proefschriften zijn gerangschikt per universiteit en per universiteit staan ze op chronologische volgorde van de promotiedatum. In het register staan de namen van de promovendi alfabetisch geordend, met voor elke promovendus een paginanummer en een letter die aanduidt waar de promotie plaatshad: D voor Delft, E voor Eindhoven en T voor Twente.
Elk proefschrift ligt ter inzage op de bibliotheek van de betreffende universiteit. Wanneer u behoefte heeft aan een eigen exemplaar kunt u hierom schriftelijk verzoeken bij de bibliotheek van de universiteit. Wanneer deze geen exemplaren meer voorradig mocht hebben, kunt u indien gewenst een kopie op microfiche aanvragen (alleen voor Delft en Eindhoven) . Onderstaand vindt u de adressen.

Centrale Bibliotheek TUD
Afdeling Periodieken en Ruil
Schuttersveld 2
2611 WE Delft

Centrale Bibliotheek TUE
Postbus 513
5600 MB Eindhoven

Bureau Universiteitsbibliotheek Twente
Postbus 217
7500 AE Enschede

REGISTER

DISPARITY ESTIMATION IN STEREOSCOPIC DIGITAL IMAGES

R.E.H. Franich
3 september 1996
Promotoren: prof. dr. ir. J. Biemond en dr. ir. R.L. Lagendijk

Stereoscopische beelden verschaffen de kijker binoculaire beeldinformatie. Ze geven de kijker derhalve een gevoel voor de relatieve dieptes van verschillende objecten in een tafereel. Dit dieptegevoel is zeer belangrijk voor 'tele-presence' en 'remote handling' toepassingen waarbij men van een afstand objecten driedimensionaal moet kunnen manipuleren. Voor de film- en televisiesectoren zijn stereoscopische beelden interessant omdat zij voor het publiek het waargenomen realisme en het gevoel van participatie doen toenemen. Hoofdstuk 1 behandelt de diepte-waarneming en de bijbehorende visuele prikkels. De argumenten voor stereoscopie worden besproken. Ook worden de toepassingsgebieden van stereoscopische beeldcodering en tussenbeeldgeneratie geïntroduceerd. Stereoscopische beeldcodering is van belang omdat het stereoscopische beeldsignaal extra redundantie bevat waar stereo-specifieke coderingstechnieken op toegepast kunnen worden. Tussenbeeld-generatie is noodzakelijk om, door de kijker de mogelijkheid tot rondkijken te bieden, extra realisme toe te voegen. Beide toepassingen vereisen informatie over de relatie tussen het linker en het rechter- beeld - dispariteit. Hiermee wordt het onderwerp van dispariteits-schatting geïntroduceerd. Tenslotte wordt een kort overzicht gegeven van het RACE-DISTIMA project, in het kader waarvan dit onderzoek is verricht. Hoofdstuk 2 bespreekt een aantal basisbegrippen op het gebied van stereoscopische digitale video. Digitale beelden (en de onderdelen daarvan) worden in dit hoofdstuk benoemd. Vervolgens wordt de meetkunde van de stereoscopische beeldopname behandeld. Hieruit wordt een conclusie getrokken met betrekking tot de model-aannames die gemaakt kunnen worden over de aard van dispariteit. Een stereoscopische camera bevat twee verschillende monoscopische cameras, ieder met zijn eigen beeldopname-sensor en elektronica. Ten gevolge van fysieke verschillen tussen de twee cameras zijn de linker- en rechter-videosignalen nooit perfect in balans. Er wordt een model voorgesteld om deze helderheids-onbalans te beschrijven. Tevens wordt de schatting van de modelparameters en de onbalanscompensatie beschreven. Diverse soorten stereoscopische beeldweergavetechnieken worden schematisch opgesomd. Voor- en nadelen van de diverse technieken worden besproken. Aan het eind van het hoofdstuk wordt stereoscopische hybride video-codering besproken. Deze coderingstechnieken is de basis voor de stereoscopische videocodeereenheid die is gebouwd en gedemonstreerd in het kader van de door het RACE-DISTIMA project gedemonstreerde stereoscopische video. In ditzelfde project werden ook verder gevorderde technieken onderzocht, waaronder de fractalcoderingstechnieken die worden besproken in hoofdstuk 7.
In hoofdstuk 3 wordt beschreven hoe dispariteit kan worden geschat met behulp van blockmatching-technieken die oorspronkelijk zijn ontworpen voor bewegingsschatting. Full search, recursieve en hiërarchische blockmatchers worden geschetst. Er wordt besproken wat er bereikt kan worden in het kader van codering en tussenbeeldgeneratie. Bovendien wordt een synthetische, computer gegenereerde, test-sequentie geïntroduceerd. Deze test-sequentie wordt samen met een echte, met een camera gefilmde sequentie, in experimenten ingezet. Overwegingen voor het ontwerp van een betere dispariteitschatter worden besproken. Hoofdstuk 4 beschrijft een blockmatching techniek die een hybride is van conventionele blockmatchingtechnieken en een optimalisatietechniek die bekend staat als het genetisch algoritme. Genetische algoritmes lenen zich voor het zoeken van optima in grote zoekruimten met vele sub-optima. Voor de toepassing van genetische algoritmen op praktische problemen moeten deze algoritmen veelal enigszins aan het probleem worden aangepast. De keuze van een heel vectorveld als basisoplossing wordt beschreven en gemotiveerd. Ook wordt getoond hoe de mutatie- en kruisingsoperatoren voor vectorvelden kunnen worden geïmplementeerd. Met de resulterende genetische vectorveldschatter worden experimenten uitgevoerd. In hoofdstuk 5 zijn dispariteitschatters beschreven waarbij in de model-aannames zowel occlusie als dispariteit verdisconteerd worden. Deze dispariteitschatters maken gebruik van een uitgerekend beeld dat bekend staat

als de disparity space image, of DSI. Deze disparity space image kan worden gebruikt als een visualisatie van de relatie tussen corresponderende linker- en rechter- lijnen uit een stereoscopisch beeldpaar. De dispariteiten voor de lijn in kwestie, het zogeheten dispariteitspad, kunnen door een menselijke waarnemer uit dit beeld worden afgelezen. Automatische, machinale, bepaling van dit dispariteitspad is een combinatorisch probleem dat benaderd kan worden met behulp van de methodiek van het dynamisch programmeren. De aard van het dynamisch programmeren zorgt ervoor dat de aldus gevonden dispariteitspaden niet altijd zijn zoals gewenst. Deze problemen worden ontweken door het dispariteitspad te bepalen met behulp van een genetisch algoritme in plaats van met een dynamische programmeertechniek. Wederom worden experimenten uitgevoerd op de synthetische en echte beeldsequenties.

In hoofdstuk 6 wordt de tussenbeeld-generatie behandeld. De noodzaak voor tussenbeeld-generatie wordt uitgelegd, samen met het bijbehorende virtuele camerapad en de eigenlijke tussenliggende beeldberekening. Occlusiegebieden vereisen speciale maatregelen bij tussenliggende beeldgeneratie. In een systeem waar stereoscopische beelden worden gecodeerd, over een kanaal verzonden, gedecodeerd en weergegeven, is het van belang waar exact in de keten dispariteitschatting en de tussenliggende beeldgeneratie worden uitgevoerd. Het feit dat nauwkeurige dispariteitsvelden een vereiste zijn voor tussenbeeld-generatie wordt aangestipt. Er worden weer experimenten uitgevoerd op de test-sequenties. De in hoofdstuk 4 t/m 6 besproken technieken tonen aan dat dispariteitsschatting van voldoende kwaliteit, voor zowel stereoscopische beeldcodering als voor tussenbeeld-generatie, goed haalbaar is. In hoofdstuk 7 worden fractal coderingstechnieken geïntroduceerd. Deze technieken maakten deel uit van de onderzoeksonderwerpen van het tweede generatie stereoscopische-coderingsonderzoek in het RACE-DISTIMA project. Er wordt een kort historisch overzicht van de fractal codering gegeven. Fractal codering van stilstaande beelden is een zeer rekenintensief proces dat veel tijd kost. Om fractal codering van beeldsequenties mogelijk te maken moeten specifieke technieken ontwikkeld worden. Een dergelijke techniek, te weten de vectorgestuurde domein blok zoekstrategie wordt beschreven en experimenteel geïllustreerd.

* * *

STRUCTURE-BASED EDGE DETECTION

M.J.P.M. Lemmens
16 september 1996
Promotoren: prof. dr. ir. G.H. Ligterink en prof. dr. ir. E. Bakker

Één van de belangrijkste stappen bij het automatiseren van het informatie-extractieproces van lucht- en ruimtebeelden is het op betrouwbare wijze opsporen van grenzen van objecten die relevant zijn voor een bepaalde geo-management toepassing. Dit segmentatieprobleem is echter verre van opgelost. Met name voor beelden van ongeconditioneerde scènes, zoals aanwezig op het aardoppervlak, blijkt segmentatie één van de centrale en moeilijkste, praktische problemen te vormen. Gewoonlijk wordt beeldsegmentatie gedefinieerd als het opsplitsen van een beeld in deelgebieden die homogeen zijn in één of meerdere eigenschappen, zoals grijswaarde, kleur en textuur. Om toepasbaar te zijn op lucht- en ruimtebeelden behoeft deze definitie enige uitbreiding: de geëxtraheerde homogene gebieden dienen relevant te zijn voor een bepaalde informatie-extractie taak; het is niet vanzelfsprekend dat de geëxtraheerde beeldgerelateerde grenzen van betekenis zijn voor de betreffende toepassing. Een belangrijke benadering van het segmentatieprobleem is randdetectie. Hoewel dit een goed onderzocht onderwerp is, geven de ontwikkelde randdetectoren onbetrouwbare resultaten. Deze randdetectoren zijn gebaseerd op een of andere vorm van differentiëren van de locale grijswaarden, waardoor ze een maat voor het contrast leveren. De voornaamste aanname is dat abrupte intensiteitssprongen overeenkomen met betekenis hebbende objectgrenzen. Daar intensiteits-veranderingen ook kunnen optreden op plaatsen waar geen grenzen aanwezig zijn en relevante objectgrenzen niet zichbaar hoeven te zijn als veranderingen in intensiteit zijn de gedetecteerde grenzen, in het algemeen, gefragmenteerd en vaak irrelevant. Men heeft een veelheid aan technieken voorgesteld, die vooral gebaseerd zijn op optimaal filteren, om tot een oplossing van deze problemen te komen. Hoewel zij vaak tamelijk complex zijn, leveren deze technieken weinig of geen verbetering op. Bij het bestuderen van de radiometrische eigenschappen van lucht- en ruimteopnamen, blijkt dat de modelaannamen, waarop het ontwerp van deze randdetectoren is gebaseerd, te eenvoudig zijn. Lucht- en ruimteopnamen worden gekenmerkt door lage en ruimtelijk varierende contrast-randen, ruimtelijk

variërende onscherpte, en een sterke mate van textuur.

Één van de mogelijkheden om dit probleem aan te pakken is door de hoge graad van complexiteit van de beeldfunctie expliciet te modelleren. Het ontwerpen van geschikte beeldmodellen voor het type beelden dat ons voor ogen staat is echter een nagenoeg ondoenlijke opgave. Daarom is het doel van ons onderzoek gericht op het ontwikkelen van grens-extractiemethoden die overweg kunnen met de hoge mate van complexiteit van de radiometrische eigenschappen van de beeldfunctie. Wij beperken ons daarbij tot lucht- en ruimteopnamen die opgenomen zijn in de optische golflengten. Verder realiseren wij ons dat het grensextractieprobleem afhankelijk is van het toepassingsdomein. Daarom kunnen relevante scènegrenzen in lucht- en satellietopnamen niet verkregen worden door alleen 'bottom-up' methoden te gebruiken; de benutting van a priori informatie over de vorm (en mogelijk grootte) van objecten is onontbeerlijk. Om bovengenoemd doel te concretiseren benaderen we randdetectie als een probleem van exploratie van radiometrische en spatiële structuur, zowel op het locale als globale niveau. We definiëren daarbij radiometrische structuur als grijswaarde-variabiliteit in het beeld die niet gerelateerd is aan relevante objectgrenzen. Ruimtelijke structuur, daarentegen, behelst grijswaarde-variabiliteit die overeenkomt met relevante objectgrenzen. De strategie die we ontwikkelen is gebaseerd op toenemende exploratie van à priori informatie over het beeld, de scène en het toepassingsdomein, resulterend in een drie-staps benadering van edge detectie. Op het eerste niveau bekijken we locale radiometrische structuur om te komen tot een betrouwbare indicatie van pixels die mogelijk gepositioneerd zijn op een grens. Het ontwerp van deze operatoren is gericht op het opsporen van grenzen met een laag contrast terwijl het fout detecteren van randen tengevolge van ruis en textuur beperkt dient te blijven.
Het basisidee is dat de homogeniteit van de gebieden aan beide zijden van een mogelijke rand naast contrast een maat vormt voor de aanwezigheid van randen.

Op het tweede niveau bekijken we de locale spatiële structuur. Het basisidee is dat de buren van elk pixel toegevoegde informatie kunnen leveren over de (niet)-aanwezigheid van een rand wanneer generieke informatie over de verschijningsvorm van grenzen beschikbaar is. Het gebruik van locale spatiële structuur is niet nieuw. Het vroegere onderzoek maakte voornamelijk gebruik van probabilistische relaxatie. Daar de geproduceerde resultaten onbevredigend zijn voor beelden van onge-conditioneerde scènes richten we ons op een alternatief: een fuzzy benadering. Fuzzy maten leveren een flexibel raamwerk voor het combineren van informatie afkomstig uit meerdere bronnen. Op het derde niveau maken we gebruik van globale spatiële structuur. Dat betekent dat specifieke à priori informatie over de verschijningsvorm van de grens gebruikt wordt. Elk probleem van grens-extractie kan worden geformuleerd als een drie-staps paradigma: detectie van pixels die liggen op een grens, parameterschatting en hypothese-testen. Op basis hiervan ontwikkelen we een mechanisme dat in staat is de laatste twee aspecten uit te voeren. Binnen dit paradigma behoort het benutten van locale radiometrische en locale spatiële structuur tot de detectiestap. Het ontwikkelde mechanisme drukt de beschikbare à priori informatie uit in de vorm van geometrische voorwaarden en lost het probleem op binnen een kleinste kwadraten raamwerk. Het onderzoek aangaande het benutten van locale radiometrische structuur resulteerde in een viertal operatoren. Één van deze operatoren is gebaseerd op niet-parametrische statistiek, waarvan voor de ontwikkeling slechts zwakke vereenvoudigende aannamen over het beeldmodel nodig zijn. Experimenten laten zien dat deze operator overweg kan met beeldkarakteristieken als texture, ruis en laag-contrast grenzen. Verder is de operator tamelijk robuust. De andere operatoren, die gebaseerd zijn op meer eenvoudige beeldmodellen, tonen minder goede resultaten. Hoewel fuzzy relaxatie voor het benutten van locale spatiële structuur in staat is een stabiele oplossing te bereiken is de uiteindelijk gerealiseerde verbetering insignificant. Onze experimenten leiden tot de conclusie dat het gebruiken van locale spatiële structuur langs iteratieve weg geen geschikte manier is om te komen tot een oplossing van het probleem. Niettemin stellen we voor om de informatie geleverd door zowel het betreffende pixel als zijn omgeving te combineren langs de fuzzy lijnen ontwikkeld binnen deze studie. De informatie dient echter niet iteratief gecombineerd te worden, maar uitsluitend in één enkele stap. Het benutten van globale spatiële structuur door middel van geometrische voorwaarden binnen een kleinste kwadraten benadering, daarentegen, blijkt erg succesvol te zijn.

Een laatste resultaat van dit onderzoek is het ontwikkelen van een nieuwe, automatische ruis-schattingsmethode, gebaseerd op het bepalen van het residuveld van het originele beeld en zijn

mediaangefilterde versie. Onze experimenten laten zien dat de methode in staat is om nauwkeurig de hoeveelheid ruis in beelden van ongeconditioneerde scènes te schatten. Ons onderzoek leidt tot het inzicht dat geen belangrijke voordelen meer verwacht mogen worden van een verdere verfijning van methoden die locale radiometrische en locale spatiële structuur gebruiken. De voornaamste reden is dat op het locale niveau te veel verstoringen aanwezig zijn, die niet op een geschikte wijze gemodelleerd kunnen worden. Hoewel we hebben laten zien dat men robuuste locale operatoren kan ontwerpen die overweg kunnen met vele van deze verstoringen, kost het optimaliseren en verder verbeteren van zulke operatoren veel inspanning, terwijl de resultaten onzeker en op z'n best middelmatig zullen zijn. Veelbelovender is het gebruik van globale spatiële structuur onder gebruikmaking van specifieke informatie over vorm (en mogelijk grootte) van de grenzen.

* * *

HIERARCHICAL VIDEO COMPRESSION USING SBC

F. Bosveld
23 september 1996
Promotoren: prof. dr. ir. J. Biemond en dr. ir. R.L. Lagendijk

Een nieuw en fascinerend gebied van multimedia applicaties is momenteel in opkomst. Dit applicatiegebied omvat de traditionele applicatiegebieden van telecommunicatie, TV distributie, computers en consumentenelektronica en biedt consumenten een breed scala aan nieuwe en verbeterde toepassingen. De opkomst van multimedia applicaties is een gevolg van de convergentie van een aantal technologieën (digitale signaal verwerking, digitale transmissie- en opslagtechnieken en de ontwikkeling van geïntegreerde schakelingen) in combinatie met een aantal internationale standaardisatie activiteiten (JPEG, MPEG, DVB en DAVIC). Het succes van deze nieuwe multimedia toepassingen zal grotendeels afhangen van de mate waarin multimedia systemen kunnen samenwerken. Indien verschillende multimedia systemen kunnen samenwerken dan zal de gebruiker een groot aantal applicaties kunnen gebruiken met behulp van een beperkt aantal apparaten. De mate waarin samenwerking tussen multimedia systemen mogelijk is kan vergroot worden door de videosignalen van multimedia applicaties schaalbaar te comprimeren en/of te representeren. Schaalbaar betekent hier dat het gecomprimeerde videosignaal op verschillende kwaliteitsniveaus gereproduceerd kan worden door meer of minder van de gecomprimeerde data te decomprimeren. Een dergelijke voorziening is zeer bruikbaar wanneer bijvoorbeeld een multimedia systeem een videosignaal met een hoge resolutie moet weergeven op een monitor met een lage resolutie of wanneer het digitale transmissiekanaal gevoelig is voor fouten. In het laatste geval kan een schaalbaar gecomprimeerd videosignaal zorgen voor een geleidelijke vermindering van de beeldkwaliteit wanneer fouten in het transmissiekanaal optreden ('graceful degradation'). Videosignalen zijn zeer geschikt voor schaalbare compressie doordat de inhoud van het signaal op vele kwaliteitsniveaus nog te herkennen is. Voor videosignalen kunnen vier basistypen van schaalbaarheid worden gedefinieerd; namelijk amplitude, frequentie, spatiële en temporele schaalbaarheid. Amplitude en frequentie schaalbaarheid zijn beide gerelateerd aan de hoeveelheid ruis in het signaal (aangegeven door de SNR waarde). Spatiële en temporele schaalbaarheid zijn gerelateerd aan respectievelijk de spatiële resolutie en de temporele resolutie (de beelherhalingsfrequentie) van het videosignaal. Multimedia systemen kunnen hiërarchische coderingssystemen gebruiken om de videosignalen schaalbaar te comprimeren en te decomprimeren. Hiërarchische coderingssystemen implementeren schaalbaarheid op een efficiënte manier doordat ieder kwaliteitsniveau (met uitzondering van het laagste kwaliteitsniveau). In het bijzonder, deze systemen genereren een geordende set van bitstromen waarbij iedere bitstroom de informatie bevat die nodig is om van een kwaliteitsniveau naar het volgende hogere kwaliteitsniveau te gaan. Dientengevolge kunnen ontvangende systemen het videosignaal representeren op verschillende kwaliteitsniveaus door de bijbehorende bitstromen te ontvangen en te decomprimeren. Een nadeel van hiërarchische coderingssystemen is dat de coderingsresultaten voor de verschillende kwaliteitsniveaus van elkaar afhankelijk zijn. Dit proefschrift gaat over de schaalbare compressie van videosignalen met behulp van hiërarchische coderingssystemen. De belangrijkste aandachtspunten zijn het ontwerp en de implementatie van systemen die een optimaal of bijna optimaal coderingsresultaat bereiken voor ieder van de ondersteunde kwaliteitsniveau. Alle ontworpen systemen zijn gebaseerd op de techniek van subbandcodering (subband coding, SBC) welke zowel

gebruikt wordt om de videosignalen te comprimeren als ook om de schaalbaarheid te implementeren. Een gevolg hiervan is dat de meeste hoofdstukken in deze verhandeling zich concentreren op een bepaalde klasse van compressiesystemen die een bepaalde type schaalbaarheid combineren met specifieke compressietechnieken. In dit proefschrift wordt de gemiddelde kwadratische fout ('mean square error') tussen het originele en het gereconstrueerde videosignaal gebruikt als maat voor de vervorming van het videosignaal tengevolge van de compressie.

Hoofdstuk 3 bevat een theoretische analyse van hiërarchisch coderen. Het doel van deze analyse is om inzicht te krijgen in het proces van hiërarchische coderen en om inzicht te krijgen in de benodigde aandachtspunten tijdens het ontwerp van zulke systemen. De analyse concentreert zich op de vraag wanneer twee elementaire hiërarchische coderingssystemen het video signaal optimaal hiërarchisch kunnen coderen ('optimaal successive refinement'). Dat wil zeggen wanneer voor beide kwaliteitsniveaus een optimale afweging bestaat tussen het aantal gebruikte bits per seconde (bitsnelheid) en de geïntroduceerde vervorming. Onder de aanname dat het videosignaal stationair en Gaussisch verdeeld is kan er aangetoond worden dat i) voor SNR schaalbaarheid (dat is de combinatie van amplitude en frequentie schaalbaarheid) optimale hiërarchische codering theoretisch altijd mogelijk is en dat ii) voor spatiële schaalbaarheid optimale hiërarchische codering theoretisch alleen maar mogelijk is onder bepaalde condities. Uit de theoretische analyse blijkt verder dat het essentieel is om de fouten gemaakt tijdens de codering van het lage kwaliteitsniveau te compenseren tijdens de codering voor het hoge kwaliteitsniveau. De gevonden resultaten zijn vervolgens experimenteel geverifieerd met behulp van een eenvoudige en praktisch hiërarchisch coderingssysteem. De experimenten laten zien dat in de praktijk optimale hiërarchische codering niet altijd haalbaar is voor SNR schaalbaarheid. In het bijzonder wanneer meer dan drie kwaliteitsniveaus ondersteund worden door het coderingssysteem dan is het verlies in SNR waarde (bij gelijke bitsnelheid) aanzienlijk ten opzichte van vergelijkbare maar niet-schaalbare compressiesystemen. De oorzaak hiervan ligt in het feit dat totale nauwkeurigheid van meerdere aaneengeschakelde PCM (of DCPM) coders minder is dan de nauwkeurigheid van een enkele PCM (of DCPM) coder met een vergelijkbare bitsnelheid. Voor spatiële schaalbaarheid tonen de experimenten aan dat optimale hiërarchische codering in de praktijk mogelijk is wanneer twee kwaliteitsniveaus ondersteund worden met geschikte bitsnelheden. Hoofdstuk 4 is een vervolg van hoofdstuk 3 en bevat een analyse van de coderingsresultaten van meerdere aaneengeschakelde PCM de DPCM coders. In het bijzonder worden de coderingsresultaten van specifieke varianten van geheugenvrije en voorspellende coderingstechnieken onderzocht, de zogenaamde 'multirate PCM' (MR-PCM) and 'multirate DPCM'(MR-DPCM) coders. MR-PCM en MR-DPCM coders kunnen worden gebruikt om amplitude schaalbaarheid direct te implementeren en zijn ook toepasbaar wanneer andere vormen van schaalbaarheid geïmplementeerd moeten worden. Multirate coders kunnen gebaseerd zijn op 'multistage' kwantisatie of 'embedded' kwantisatie. Met 'multistage' kwantisatie wordt het binnenkomende signaal gekwantiseerd door een aantal aaneengeschakelde kwantisatoren die ieder de kwantisatiefout van de vorige kwantisator kwantiseren. Met 'embedded' kwantisatie wordt het binnenkomende signaal tegelijkertijd gekwantiseerd door een aantal kwantisatoren die hun kwantisatiedrempels ('decision levels') hebben uitgelijnd. De beschreven analyse onderzoekt de coderingsresultaten van optimaal ontworpen MR-PCM en MR-DPCM coders die twee kwaliteitsniveaus ondersteunen. De analyse toont aan dat het coderingsresultaat voor het hoge kwaliteitsniveau van de coder gebaseerd op 'multistage' kwantisatie minder is dan het coderingsresultaat van de coder gebaseerd op 'embedded' kwantisatie. Bij deze laatste coder is het coderingsresultaat voor het coderingsresultaat voor het hoge kwaliteitsniveau niet afhankelijk van de bitsnelheid gebruikt voor het lage kwaliteitsniveau en is zelfs vergelijkbaar met het coderingsresultaat van normale PCM (of DPCM) coders. Het coderingsresultaat voor het lage kwaliteitsniveau is echter weer wat beter met 'multistage' kwantisatie in vergelijking met 'embedded' kwantisatie. Hoofdstuk 4 wordt afgesloten met het ontwerp van nieuwe en efficiënte MR-PCM en MR-DPCM coders die gebruikt kunnen worden in praktische hiërarchische coderingssystemen.

Hoofdstuk 5 richt zich op spatieel schaalbare compressiesystemen voor ATM netwerken die gebruik maken van coderingstechnieken voor stilstaande beelden ('intraframe coding'). ATM netwerken kunnen schaalbare multimedia applicaties goed ondersteunen omdat alle informatie via logische verbindingen verstuurd wordt met onderhandelbare karakteristieken. ATM netwerken transporteren de

informatie door het netwerk in kleine pakketjes welke van tijd tot tijd verloren raken vanwege congestie in het netwerk en/of fouten in de fysieke verbindingen. Communicatiesystemen voor ATM netwerken moeten hiertegen bestand zijn en kunnen bijvoorbeeld technieken voor 'graceful degradation' implementeren. In dit hoofdstuk worden twee 'intraframe' coderingssystemen ontworpen die het ontvangers mogelijk maken het videosignaal op drie kwaliteitsniveaus te reproduceren terwijl tegelijkertijd 'graceful degradation' ondersteund wordt. De coderingssystemen garanderen de continuïteit van de applicatie door middel van het laagste kwaliteitsniveau wat gereproduceerd kan worden met behulp van een bitstroom met een lage constante bitsnelheid. De twee andere kwaliteitsniveaus worden ondersteund met twee bitstromen die een hoge en wisselende bitsnelheid hebben. Één coderingssysteem maakt gebruik van 'multistage' kwantisatoren, terwijl het andere systeem gebruik maakt van 'embedded' kwantisatoren. De simulatieresultaten laten zien dat met normale netwerkcondities de hiërarchische coderingssystemen iets minder presteren voor het hoge kwaliteitsniveau dan een vergelijkbaar maar niet-schaalbaar coderingssysteem met een gelijke bitsnelheid. Het systeem met 'embedded' kwantisatoren benadert echter voor het hoge kwaliteitsniveau het coderingsresultaat van het niet-schaalbare systeem. Wanneer congestie in het netwerk optreedt dan tonen de simulatieresultaten aan dat de hiërarchische coderingssystemen minder gevoelig zijn voor transmissiefouten dan het niet-schaalbare coderingssysteem. De robuustheid van het coderingssysteem gebaseerd op de 'multistage' kwantisatoren is iets hoger dan de robuustheid van het coderingssysteem gebaseerd op 'embedded' kwantisatoren omdat de gegenereerde bitstromen iets minder afhankelijk van elkaar zijn. Deze resultaten tonen aan dat de verwachte gevoeligheid voor fouten van het transmissiekanaal een invloed zal hebben op de architectuur van het te ontwerpen coderingssysteem. In hoofdstuk 6 komen spatieel schaalbare compressiesystemen aan de orde die gebaseerd zijn op bewegingsgecompenseerde compressietechnieken ('interframe coding'). Voor bepaalde applicaties, bijvoorbeeld distributie van TV via aardse transmissiekanalen, is het gebruik van bewegingsinformatie noodzakelijk om het videosignaal voldoende te comprimeren. De integratie van bewegingsgecompenseerde compressietechnieken met spatieel schaalbare subbandcoderingssystemen is echter niet eenvoudig. Zo is bijvoorbeeld bewegingscompensatie in het subbanddomein erg moeilijk omdat objectverplaatsingen binnen de subbanden van opeenvolgende beelden verstoord worden door teruggevouwen frequentiecomponenten ('aliasing'). Verder moeten de compressiesystemen er rekening mee houden dat de temporele voorspelling van een bepaald kwaliteitsniveau alleen mag gebeuren op basis van informatie die beschikbaar is bij de ontvanger van dat kwaliteitsniveau. Indien dit niet gebeurd dan zal de beeldkwaliteit van het gereproduceerde kwaliteitsniveau drastisch verminderen omdat de temporele voorspellingen van de zender en de ontvanger uit elkaar gaan lopen. In hoofdstuk 6 wordt het ontwerp van een spatieel schaalbaar compressiesysteem beschreven dat gebruik maakt van geïnterpoleerde bewegingscompensatie in het subbanddomein ('in-band motion compensation'). Het compressiesysteem is voorzien van een aantal schattingsmethoden om de laag frequente subbanden van het hoge kwaliteitsniveau te voorspellen op basis van de gereconstrueerde subbanden van het lage kwaliteitniveau en/of op basis van de gereconstrueerde subbanden van het vorige beeld. Afhankelijk van de gebruikte schattingsmethode implementeert het compressiesysteem een zuiver hiërarchisch coderingsconcept (lage kwaliteitsniveau schattingsmethode), een simultaan coderingsconcept (temporele schattingsmethode) of een concept daar tussenin (gemiddelde schattingsmethode en selectieve schattingsmethode). De selectieve schattingsmethode evalueert een aantal kandidaat voorspellingen en gebruikt de beste voorspelling. Uit de experimentele resultaten blijkt dat wanneer het bewegingsgecompenseerde compressiesysteem de lage kwaliteitsniveau of temporele schattingsmethoden gebruikt het de coderingsresultaten van een vergelijkbaar maar niet-schaalbaar compressiesysteem niet kan bereiken. Wanneer de selectieve schattingsmethode wordt gebruikt dan kan het verlies in coderingsresultaat ten opzichte van het niet-schaalbare bewegingssgecompenseerde compressiesysteem met succes verkleind worden.

Tenslotte worden in hoofdstuk 7 twee compressiesystemen beschreven welke het videosignaal met spatio-temporele schaalbaarheid kunnen comprimeren. Deze vorm van schaalbaarheid kan gebruikt om compatibiliteit te bewerkstelligen tussen een hiërarchie van progressief gescande videosignalen en geïnterlineerde videosignalen. Het hiërarchische compressiesysteem moet daartoe de progressief gescande videosignalen zo comprimeren dat het signaal gereconstrueerd kan worden als een geïnterlineerde videosignaal en omgekeerd. De

beschreven compressiesystemen maken ieder gebruik van een specifieke drie dimensionale (3-D) subbanddecompositie omdat de compatibiliteit tussen de voorgestelde hiërarchie van videosignalen een spatio-temporele frequentiedecompositie vereist. De compressiesystemen genereren meerdere bitstromen die ieder een dynamisch geselecteerde set van gecomprimeerde subbanden bevatten. Het eerste compressiesysteem is gebaseerd op de zogenaamde 'Conversion Strategy' welke alleen compatibiliteit biedt tussen de progressief gescande videosignalen. De geïnterlineerde videosignalen moeten bij dit compressiesysteem eerst geconverteerd worden naar een progressief formaat. Het tweede compressiesysteem implementeert de zogenaamde 'Direct Strategy' welke compatibiliteit biedt tussen alle videosignalen behalve het geïnterlineerde videosignaal met de hoogste spatiële en temporele resoluties. Dit videosignaal moet nog steeds geconverteerd worden vanwege fundamentele compatibiliteitsproblemen ten gevolge van de signaaldefinities. Het compressiesysteem is echter dusdanig ontworpen dat deze conversie niet zou moeten leiden tot een verlies in coderingsresultaat. Experimentele resultaten laten echter zien dat het compressiesysteem gebaseerd op de 'Conversion Strategy' veel betere resultaten geeft dan het compressiesysteem gebaseerd op de 'Direct Strategy'. Deze resultaten geven aan dat de beperkte reconstructiekwaliteit van de 3-D subbandcompostie van de 'Direct Strategy' een grote beperking is voor de toepasbaarheid van dit systeem. De coderingsresultaten van het systeem gebaseerd op de 'Conversion Strategy' zijn echter wel beter dan de resultaten van een niet-schaalbaar systeem gebaseerd op 'intraframe' codering. Hieruit kan de conclusie getrokken worden dat temporeel filteren van een beeldsequentie kan leiden tot een verbetering van het coderingsresultaat. Helaas is de subjectieve beeldkwaliteit van deze beeldsequenties niet zo hoog vanwege de vervaagde contouren en de aanwezigheid van echo's. Om deze vervormingen tegen te gaan met behoud van de winst in compressie moet de temporele filtering gebeuren langs de bewegingsvectoren van de objecten binnen het beeld, zoals recentelijk voorgesteld in de literatuur.

Uit het onderzoek beschreven in dit proefschrift kan men concluderen dat hiërarchische coderingssystemen gebaseerd op subbandcodering efficiënt videosignalen schaalbaar kunnen comprimeren. Deze schaalbaarheid kan gebruikt worden compatibiliteit tussen videosignalen te bewerkstelligen alsmede ook om systemen minder gevoelig te maken voor fouten in het transmissiekanaal. In het algemeen zijn de coderingsresultaten van de resulterende schaalbare compressiesystemen iets minder dan de resultaten van vergelijkbare maar niet-schaalbare compressiesystemen. Het verschil in efficiënte kan echter tot acceptabele waarden geminimaliseerd worden door het compressiesysteem zorgvuldig te ontwerpen.

* * *

COMPACT INTEGRATED OPTICAL COMPONENTS FOR TELECOMMUNICATION NETWORKS

L.H. Spiekman
24 september 1996
Promotor: prof. dr. B.H. Verbeek

Onze steeds groter wordende behoefte om op afstand te communiceren heeft geresulteerd in een sterke groei van de vraag naar bandbreedte in telecommunicatienetten. Dankzij het gebruik van glasvezel als transportmedium kan deze behoefte vooralsnog bevredigd worden. Maar om ook in de toekomst aan deze vraag te voldoen moet zo optimaal mogelijk gebruik gemaakt worden van de capaciteit van de vezel. Golflengtemultiplextechnieken en optisch schakelen kunnen hiervoor zorgen. Zoveel mogelijk functies van het net moeten optisch uitgevoerd worden, om omslachtig heen- en terugconverteren naar het (tragere) elektrische domein te voorkomen. Voor de realisatie van deze nieuwe optische apparatuur biedt het vakgebied van de geïntegreerde optica aantrekkelijke perspectieven. Met technieken vergelijkbaar met die uit de traditionele IC-productie kunnen optische componenten gemaakt worden op een vlak substraat, in de vorm van optische geïntegreerde circuits (PICS, photonic integrated circuits). Mits een hoge integratieschaal gehaald kan worden bieden deze PICs vergelijkbare voordelen als de bekende elektronische ICs, namelijk reductie van de omvang van apparatuur, en een gereduceerde kostprijs. Voor het vergroten van de integratieschaal is het essentieel dat zeer kleine optische componenten gemaakt kunnen worden. Dit is minder triviaal dan bij elektronische componenten, omdat het bij licht vaak juist de dimensies van de componenten zijn die bepalen hoe ze zich gedragen. Dit proefschrift beschrijft een onderzoek naar de grenzen van de miniaturisatie van geïntegreerd-optische componenten als koppelaars en golflengte-demultiplexers, waarbij de nadruk gelegd wordt op de tolerantie die deze componenten aan de dag leggen voor de onvermijdelijke variaties in het fabricageproces. Omdat optische golfgeleiders de

basisbouwstenen zijn voor optische circuits, worden deze als eerste behandeld. In het proefschrift wordt aangetoond dat de verliezen die in dijkgolfgeleiders optreden niet alleen veroorzaakt worden door ruwe golfgeleiderwanden, zoals vaak aangenomen wordt, maar veeleer door het ruwe geëtste oppervlak naast de golfgeleider. Verder passeren diep geëtste golfgeleiders de revue die dankzij een nieuw ontwikkeld etsproces weinig verlies vertonen. Ditzelfde diepe-etsprocé, zorgt ervoor dat golfgeleiderbochten gemaakt konden worden met laag verlies en bochtstralen van slechts 30mm, de scherpste golfgeleiderbochten tot nu toe.

Optische koppelaars, die vermogen distribueren of combineren, zijn ook zeer belangrijke componenten. We hebben uiterst compacte multimode-interferentiekoppelaars gemaakt (met slechts 90 mm lengte meer dan de helft korter dan eerder gepubliceerde componenten), maar laten tevens zien dat de prijs die voor deze verkleining betaald moet worden een sterk gereduceerde tolerantie voor fabricagevariaties is. Vervolgens wordt een compacte golflengtedemultiplexer gepresenteerd die werkt volgens het "phased array" principe. De polarisatie-afhankelijkheid van deze component wordt gecompenseerd door verschillende array-ordes te gebruiken voor de twee polarisatierichtingen. Om de invloed van fabricagevariaties te verminderen, worden brede, multimode uitgangsgolfgeleiders gebruikt. Bovenstaande componenten zijn alle in het indiumfosfide halfgeleidermateriaalsysteem gemaakt. Dat heeft het voordeel dat lasers en detectoren monolithisch meegeïntegreerd kunnen worden. Andere materiaalsystemen hebben andere voordelen. Polymeer componenten zijn bij-voorbeeld zeer makkelijk aan een glasvezel te koppelen, omdat de golfgeleiderdoorsnede bijna identiek is aan die van de vezel. Daarom is ook een aantal golflengte-demultiplexers gemaakt in dit materiaal. Omdat de kleinst haalbare bochtstraal hierbij het grootste probleem is (30mm wordt bij lange na niet gehaald; eerder moet gedacht worden aan 30mm), heb ik uitgebreide berekeningen gedaan aan de invloed van het brekingsindex-contrast van het materiaal op deze bochtstralen. De kleinste demultiplexer die hieruit voortvloeide mat nog altijd 19 x 6mm2 maar dit is een stuk kleiner dan de 52 x 9 mm2 die verkregen wordt als men geen speciale aandacht aan de bochten schenkt. Tot slot wordt nog een tweetal toepassingen van de phased array golflengte-demuitiplexer gepresenteerd, waarbij deze component, geïntegreerd met muitimode interferentiekoppelaars, het hart vormt van een optische schakelaar, en het, monolitisch geïntegreerd met optische versterkers, een negenkanaals multi-golflengte laser vormt.

* * *

DESIGN OF LOW-VOLTAGE INTEGRATED FILTER-MIXER SYSTEMS

G.L.E. Monna
24 september 1996
Promotoren: prof. dr. ir. A.H.M. van Roermund

Hoofdstuk 2 beschrijft een systematische en hiërarchische methode om filters te ontwerpen. De gepresenteerde methode richt zich nadrukkelijk op toestandsbeschrijving van filters (state space filters). Deze beperking leidt niet nauwelijks tot een beperking van de kwaliteitscriteria die aan filters gesteld worden, maar wel tot een verkleining van de hoeveelheid uitvoeringsvormen van filters, ten behoeve van een betere ontwerpbaarheid. Na de introductie worden de filters bekeken met betrekking tot de drie fundamentele begrenzingen in de signaalbewerking: ruis, distorsie en bandbreedte. In hoofdstuk 3 worden ruis en distorsie beschouwd voor enkelvoudige filters, maar ook voor filters die gekoppeld worden door mixers. Frequentie transformaties naar lage frequenties kunnen door de mixer worden bewerkstelligd, opdat de hoge kwaliteitsfactor van filters bij hoge frequenties vermeden kan worden, wat voordelig is voor het dynamisch bereik. Verder wordt tenslotte over de grenzen van filters gekeken die direct volgen uit de toestandsbeschrijving. Beschouwd worden andere integratorstructuren die minder ruis bijdragen ten koste van een verhoging van het stroomgebruik, alsmede andere filtertopologieën.

Bandbreedtebegrenzingen van filters worden zowel bepaald door de gebruikte actieve als passieve elementen. In hoofdstuk 4 worden enige methoden aangereikt op de verschillende hiërarchische niveaus van het filterontwerptraject om het niet ideale bandbreedtegedrag van het actieve deel te compenseren.

Zwakke niet-lineariteit in filters beperkt de maximale uitsturing van filters. Vooralsnog wordt het vastlopen van signalen gebruikt als uiterste grens om het dynamisch bereik van filters te bepalen. Echter, voordat vastlopen optreedt, vinden al zwakke afwijkingen van de lineaire overdracht plaats. Een

betere maat voor het dynamisch bereik (harmonisch vrij dynamisch bereik) wordt gepresenteerd in hoofdstuk 5, alsmede het bijbehorende schalings-criterium. JFET's zijn uitermate geschikt om te gebruiken in laagspanningstoepassingen.
In hoofdstuk 6 wordt een fysisch JFET model afgeleid, dat in staat is om de niet-lineariteit te voorspellen, en waarmee de metingen aan JFET's te verklaren zijn. In hoofdstuk 6 wordt een radio-ontvanger, die werkt op 1 V gepresenteerd. Het belangrijkste onderdeel in de radio-ontvanger is een actief filter, dat ontworpen wordt volgens de eerder verkregen theoretische inzichten. Het blijkt mogelijk te zijn een lange-golf-radio te ontwerpen, en uiteindelijk ook een middengolf-radio, met een redelijke kwaliteit.

* * *

NAVIGATION AND MOBILE TELECOMMUNICATIONS TECHNOLOGIES FOR EUROPEAN ROAD FREIGHT OPERATIONS IN THE LATE 1990s

R.G. Wilfong
30 september 1996
Promotoren: prof. dr. ir. D. van Willigen en prof. ir. C. de Jong

Current and future mobile technologies have been analyzed in relation to trucking industry requirements and integrated into eight system design options. 1998 acquisition and operations costs for each option have been estimated along with potential cost savings and added revenues that come from increased trucking efficiency. The thesis, restated from Chapter 1, is:

"Current and emerging navigation and mobile telecommunicœdions technologies can be applied to the challenges of RFO with benefits for both commercial and environmental interests".

European road transport is predicted to increase at almost 5% per year at the turn of the century. If all road transport companies were to increase their cargo capacity utilization by 5%, then 5% fewer trucks would be needed and the equivalent of one ~year's increase in environmental pollution from trucks could be avoided. This is a small but significant amount. The commercial benefits to be derived from the applications of mobile technology to RFO can be grouped into the following categories:

- better management and increased efficiency
- wider range of customer services and increased customer satisfaction
- safety of vehicle, cargo and driver

Benefits in the area of competitiveness are difficult to predict and translate into carrier profitability. A shipper may choose one prime transport carrier over another because of cargo-tracking and monitoring services offered. Small contractors without these capabilities will lose subcontracts. If, in addition to these benefits, there are cost savings and/or increased revenues to be expected, the decision to acquire mobile systems is that much easier to make.

* * *

ON SMART DITHER BY ABSOLUTE ONE-BIT CODING FOR NOISE-SHAPED PCM

A.J.R.M. Coenen
21 oktober 1996
Promotoren: prof. dr. ir. D. van Willigen en dr. R. Prasad

Door gebruik te maken van nieuw verworven inzichten, voortgekomen uit eigen onderzoek gedurende de periode van 1980 tot 1993, geeft dit proefschrift een herbeschouwing van een-bit codering zoals die in de literatuur gevonden kan worden. Het onderzoek was oorspronkelijk gericht op het digitaliseren van videosignalen ten behoeve van digitale signaalbewerkingen en (optische) transmissie via absolute een-bit codering bij geringe overbemonstering. Een van de belangrijkste onderzoeksdoeleinden was het beantwoorden van de intrigerende vraag tot welke uiterste grens een-bit codering voor video kan worden benut voor de laagste bitfrequentie met behoud van omroepkwaliteit. Als voorbeeld hiervan zal het proefschrift slechts twee videocoders behandelen, te weten 'een-bit' noise-shaped pulscodemodulatie (NS-PCM) en 'multi-bit' NS-PCM. Sinds de komst van een-bit codering, zoals de delta modulator (DM) in 1948 en de delta sigma modulator (DSM) in 1963, is een nog steeds groeiend aantal onderzoekers geïntrigeerd geraakt door deze coderingsvorm. Deze onderzoekers trachten eveneens een antwoord te vinden op vergelijkbare vragen betreffende de potenties van deze fascinerende coders en hun varianten. Uiteindelijk is het de samenvoeging van kennis uit drie culturen, te weten

communicatietheorie, signaaltheorie en micro-elektronica, die aan een-bit coder systemen hun huidige vermogen tot hoge kwaliteit geeft voor toepassingen in vele gebieden. Het proefschrift gaat hoofdzakelijk uit van de eerst twee genoemde culturen, zonder de derde te vergeten. Ondanks de inmiddels overweldigende hoeveelheid beschikbare literatuur over een-bit codering is het opmerkelijk, dat er eigenlijk geen studieboek inzake een-bit codering bestaat. Het boek van CANDY en TEMES, getiteld 'Oversampling Delta-Sigma Data Convertors' vormt een uitzondering. Echter, in dit boek is nog steeds een aantal een-bit codering aspecten onderbelicht en sommige aspecten ontbreken zelfs. Daarom wordt een uitgekiende selectie van deze leemtes hier verder uitgewerkt. De volgorde van aanpak komt hierbij overeen met de volgorde van de componenten waaruit de titel is opgebouwd. Zo zijn de twee namen 'smart dither' en 'NS-PCM' gekozen om het karakter van een-bit codering in zowel het tijddomein als in het frequentiedomein te benadrukken.

De eerste te beschouwen leemte in de literatuur is het ontbreken van de fundamentele FM achtergrond van absolute een-bit coders van het eerste uur. De hoofdinleiding verklaart dat de vierdelige weg van 1) dither, 2) 'smart' dither via een proces van 3) tweeniveau amplitude-kwantisatie gevolgd door 4) tijd-kwantisatie uiteindelijk eindigt in een-bit codering zoals DSM en DM. Halverwege, bij punt (3), komen we eenvoudige exponentiële modulatieschema's tegen, zoals pulsfrequentiemodulatie PFM) en pulsfase-modulatie (PPM). Naast DSM en DM zijn de modulatieschema's als PFM en PPM eveneens goed bekend in de Telecommunicatie. Het begrip 'smart' komt voort uit de eigenschap dat de over te dragen boodschap besloten ligt in het lopend gemiddelde (bij absolute codering) of in de eerst afgeleide ervan (bij predictieve codering) binnen het dither signaal. Om redenen van eenvoudige implementatie en de afwezigheid van propagerende demodulatie fouten in het geval van transmissiefouten wanneer predictieve codering zou worden toegepast, spitst het proefschrift zich toe op 'absolute' een-bit codering waarmee digitale smart dither wordt gemaakt. De impact van het inzicht betreffende de FM-achtergrond van de DSM wordt op vele plaatsen in het proefschrift zichtbaar. Het leidt tot enkele nieuwe een-bit coder concepten en hernieuwde beschouwingen. Juist nu kan de onbekendheid van mensen uit het Telecommunicatieveld met de FM-achtergrond van de DSM gemakkelijk worden verklaard; de overgang van PFM naar DSM gaat meestal gepaard met zo'n enorme toename in ruisvermogen, dat een mogelijke wederzijdse relatie logischerwijs niet opgemerkt zal worden. We mogen DSM dan ook S-PFM (S: time-slotted) noemen, vanwege de hier bewezen equivalentie. Het spectrale profiel van de kwantisatieruis van de DSM, die eerste-orde 'noise shaping' vertegenwoordigt, is kennelijk een logische uitbreiding van het profiel van de 'driehoeks' ruis, behorende bij PFM. Onder enkele strenge voorwaarden echter kan de helling in het spectrale profiel bij de DSM in de praktijk steiler worden gemaakt door de noise shaping orde (M) te verhogen. De reden om dit te doen, volgt uit de belangrijkste bedoeling van een-bit codering, die als volgt samengevat kan worden:

Door noise shaping van orde M toe te passen, moet zo veel mogelijk kwantisatieruisvermogen uit de frequentieband van het boodschapdragend signaal 'geduwd' worden. Hoe breder de spectrale ruimte buiten deze band is, hoe minder ruis er binnen de boodschapsband overblijft. De bandbreedte-verhouding tussen 'binnen en buiten' en 'binnen' de boodschapsband definieert de overbemonsterings-factor.

Om praktische redenen behoort deze overbemonsteringsfactor zo laag mogelijk gehouden te worden. Dit brengt de wens met zich mee om M te verhogen, teneinde de ruisbijdrage in de boodschapsband te beperken. Verhoging van de orde tot voorbij M=2, leidt jammer genoeg tot een eveneens groeiend deel van de noise shaping curve dat, met opzet, vlak moet worden gemaakt om instabiel gedrag van de coder te vermijden. Dit begrenzen van de curve resulteert tevens in een toename van de drempelwaarde voor de over-bemonstering. Pas na overschrijding hiervan, wordt het steile deel van de curve effectief. Dit laatste feit wordt onvoldoende besproken in de literatuur. Het proefschrift vult deze leemte door kwaliteitsmaten af te leiden om tot een correcte afweging van de waarde van M te komen. Als resultaat van de analyse wordt een overbemonsteringswaarde ter grootte van ongeveer zestien gevonden waar beneden het geen zin heeft om de meer complexe voorwaardelijk-stabiele hogere-orde (M>2) een-bit coders toe te passen. Bij gebrek aan eigen ervaring wordt hier de vraag over de toepasbaarheid van deze hogere-orde coders opengelaten, vanwege hun mogelijk hachelijke gedrag behorend bij conditionele stabiliteit. Via het analyseren van de verschillende, uit de literatuur bekende, manieren om multi-niveau NS-PCM te maken, kan bewezen worden dat een of meer een-bit codes binnen NS-PCM volledig verantwoordelijk zijn

voor de noise shaping. Uitgaande van deze eigenschap, en gebruikmakend van de FM achtergrond van een volledig digitale DSM, wordt een nieuwe PCM decompositie-methode ontwikkeld. Met deze methode kan K-bit PCM ontleed worden in 2K DSM codes. De 'ensemble averaging' van een aantal van die DSM codes in een specifieke volgorde behelst een methode voor gegeneraliseerde feedforward PCM-naar-NS-PCM conversie voor M=1, waarmee tevens een uit de literatuur bekende conversie gerealiseerd kan worden. Enkele, wellicht speculatieve toepassingen van de methode worden voorgesteld. In een videotoepassing worden de voordelen getoond van een feedforward K-bit-PCM-naar-L-bit-NS-PCM converter voor M=2 en L<K waarin twee volledig digitale DSM worden gecascadeerd. Wanneer K= 8 bit en L= 5 bit wordt gekozen, blijft omroepkwaliteit gegarandeerd bij een aanzienlijke woordgroottereductie van drie bits. De methode werkt echter ook andersom. Tenminste drie bits resolutieverbetering kan worden verkregen in K-bit PCM systemen waarin videodisplays voorkomen (bijv. RADAR, computers, etc.) die slechts volgens L-bit PCM aangestuurd worden (K≥L+3 bit). In beide gevallen zorgt de methode voor een zeer gunstige prijs-prestatie verhouding. Enige aandacht wordt besteed aan een tamelijk nieuwe en veelbelovende techniek, genaamd 'bandpass DSM', waarmee bemonsterde gebandfilterde signalen direct geconverteerd kunnen worden naar 'bandpass" NS-PCM met weinig amplitude niveaus. Met deze techniek zijn potentieel hoge kwaliteit ADCs mogelijk. Een een-bit coder voorbeeld wordt getoond die deze techniek combineert met een hier voorgesteld alternatief bandpass-quadrature concept met het doel de boodschap op basisband niveau vrij te krijgen op een meer correcte en elegante wijze. Hierbij wordt naast de potentieel uitmuntende lineariteit, als sterke een-bit coder eigenschap tevens de twee-niveau uitgangssignaal eigenschap van de een-bit coder benut die convolutie bewerkingen enorm vergemakkelijken door hardware of software vermenigvuldigingen overbodig te maken. Uit de conclusies van het proefschrift moge duidelijk geworden zijn, dat de toepassing van een-bit codering voor te ontwerpen systemen sterk zal afhangen van de kennis over hoe haar sterke en zwakke eigenschappen in multidisciplinair opzicht gecombineerd kunnen worden tot een synergetische oplossing, die superieur is aan elk alternatief. Daartoe zouden er tenminste meer en gebruikersvriendelijke studieboeken beschikbaar moeten komen die deze coderingsvorm vanuit verschillende disciplines benaderen.

ONTWERP EN FABRICAGE VAN EEN SURFACE-MICROMACHINED POSITIONERINGS SYSTEEM.

J.F.L. Goosen
11 november 1996
Promotoren: prof. dr. ir. S. Middelhoek en dr. ir. R.F. Wolffenbuttel

De ontwikkelingen in de micro-elektronica hebben geleid tot constructietechnieken voor de vervaardiging van mechanische structuren op basis van micromachining. Veel sensoren zijn al ontworpen die gebruik maken van deze technieken. Actuatoren die van dezelfde technologie gebruik maken worden uitsluitend gebruikt om de mogelijkheden van deze technologie te demonstreren. Niet voor praktische toepassingen. Het doel van het onderzoek was dan ook om een positioneringssysteem te ontwerpen dat gebruik maakt van surface-micromachining. Het systeem is opgebouwd uit vele simpele actuatoren die zodanig samenwerken dat de resulterende kracht en bereik van het geheel vele malen groter is dan dat van de losse actuatoren. Zulke systemen worden gedistribueerde systemen genoemd. Een grote verscheidenheid van actuatieprincipes en actuatoren gefabriceerd met behulp van micromachining is denkbaar. Elektrische energie is het meest praktische, omdat het tevens kan worden gebruikt als drager van informatie en in overeenstemming is met de gebruikte IC-technologie. Elektrische energie kan op velerlei wijzen worden omgezet in beweging, eventueel door gebruik te maken van andere tussenvormen van energie: Thermisch door elektrische verhitting, waarbij gebruik gemaakt wordt van de uitzetting van materialen, mechanisch met behulp van piëzo-elektrische materialen of gasdruk door verhitting, magnetisch met behulp van spoelen waarmee magnetische materialen kunnen worden aangetrokken of afgestoten en elektrostatisch met behulp van de aantrekkende kracht tussen twee platen van een capaciteit. Van deze methodes is de elektrostatische de meest geschikte, aangezien deze grote krachten kan opwekken zonder dat daarvoor bijzondere materialen nodig zijn. Het is efficiënt, snel en compatibel met micromachining in silicium.

Twee verschillende elektrostatische aandrijf - principes kunnen worden onderscheiden, namelijk op basis van variabele capaciteit en ladingsrelaxatie. Bij variabele capaciteit actuatie worden de aantrekkende krachten gebruikt tussen twee capaciteitplaten,

waartussen een elektrisch veld aanwezig is. Ladingsrelaxatie maakt gebruik van de krachten op geïnduceerde ladingen in een elektrisch veld. Als het veld veranderd, zullen de ladingen verplaatst zijn ten opzichte van de potentiaal, wat resulteert in een kracht op het geleidende materiaal. Dit is een dynamisch effect en kan alleen in een beperkt aantal actuatoren worden toegepast. Voor de gebruikte actuator is het variabele capaciteit principe gebruikt. De individuele actuatoren zijn klein en produceren maar weinig vermogen en een zeer beperkte vrije slag. Door vele actuatoren parallel en in serie te zetten, in een zogenaamd gedistribueerd systeem, wordt hun vermogen en bereik gecombineerd.Het ontwerpen van een microactuator gemaakt met behulp van micromachining in silicium, verschilt van het ontwerpen van macroscopische machines. Er dient rekening te worden gehouden met elektrostatische efficiëntie, wrijving en slijtage, vastloop effecten, mechanische toleranties en de mechanische eigenschappen van silicium en gerelateerde materialen.

Het positioneringssysteem bestaat uit een matrix van elektrostatisch aangedreven hefboompjes, die afwisselend het object dat verplaatst moet worden, optillen en laten zakken en het daarbij doorgeven van actuator naar actuator. De afstand waarover het object in één cyclus wordt verplaatst, wordt bepaald door de lengte van de hefboom en de hoek waarover deze draait. De actuator bestaat uit een plaat die halverwege is opgehangen en aan één kant boven een electrode hangt. Als een spanning wordt aangebracht tussen de elektrode en de plaat, zal de plaat roteren rond de ophanging. De andere kant van de plaat fungeert als de hefboom die het object verplaatst. Om deze afstand, de aandrijf efficiëntie en de belasting te optimaliseren, is zowel de elektrode als de hefboom naar boven gebogen. Om de plaat te ondersteunen en tegelijk te kunnen laten roteren, zijn drie ophangingen mogelijk. Het buigen van een balkje, het verbuigen van een bruggetje of het torderen van een balkje. Mechanische analyse laat zien dat de torderende balkjes een stevige ophanging mogelijk maken en een lage rotatieweerstand hebben. Een elektrostatische analyse laat zien dat de randvelden kunnen worden verwaarloosd bij de bepaling van de elektrostatische krachten op de elektrode. De aantrekkende krachten zullen de plaat niet alleen laten draaien, maar ook enige doorbuiging van de ophanging tot gevolg hebben. Hierdoor wordt de afstand tussen de platen kleiner en daarmee ook de afstand waarover het object wordt verplaatst. Om te voorkomen dat er kortsluiting ontstaat tussen de elektrode en de plaat als de plaat is verdraaid, is een niet-geleidende tussenlaag aangebracht of een losse contact elektrode. Om kleven (sticking) te voorkomen als de elektrodes elkaar raken, moeten de actuatoren worden aangestuurd met een afwisselend positieve en negatieve spanning, om ladingsopbouw tegen te gaan. De objecten die met dit systeem kunnen worden verplaatst, dienen vlak en glad zijn of op een speciaal plateau worden geplaatst. De matrix van actuatoren kan zo worden samengesteld dat rechtlijnig of cirkelvormige bewegingen mogelijk zijn. Door de matrix op te delen in los te besturen gedeelten, ontstaan referentielijnen en punten waarom rotaties mogelijk zijn. Door de elektronica op dezelfde chip te plaatsen kunnen andere functies worden uitgevoerd, wat het systeem veelzijdig maakt en eenvoudig in het gebruik.

Silicium is een materiaal met goede mechanische eigenschappen en veel micromachining technieken, zoals bulk micromachining, surface micromachining, wafer-to-wafer bonding, SOI en epitaxiale micromachining, zijn beschikbaar. De structuren kunnen gebruikt worden voor het maken van sensoren, actuatoren en signaalverwerkingssystemen die gebruik maken van natuurwetten in het mechanische domein. Het proces dat gebruikt is voor de fabricage van de actuatoren is ontworpen voor algemeen gebruik. Het bestaat uit een surface micromachining proces met twee mechanische lagen dat compatibel is met het BIFET DIMES-01 micro-elektronica proces. De elektronische schakelingen worden eerst gerealiseerd, waarbij de plak uit de standaard produktielijn wordt gehaald, alvorens de contactgaten worden geopend en de bedrading gedeponeerd. De plak wordt dan bedekt met een beschermende siliciumnitridelaag, waarna de eerste sacrificial PSG-laag wordt gedeponeerd. Deze wordt geimplanteerd met argon, zodat er tijdens het aanbrengen van het patroon een afgeschuinde rand ontstaat, waardoor de vorming van stringers wordt gereduceerd. Een polysiliciumlaag met een lage mechanische spanning wordt gedeponeerd en in-situ geannealed. Hierna wordt de tweede sacrificial PSG-laag aangebracht, die tevens dient om de onderliggende lagen te beschermen. Dan wordt een LPCVD siliciumnitride met lage spanning gedeponeerd, gevolgd door de tweede polysiliciumlaag. Het patroon wordt op de polysiticium- en nitridelagen overgebracht met behulp van een speciaal ontworpen plasma-ets procédé, om de vorming van stringers langs de stappen tegen te gaan. De sacrificial-laag wordt van het oppervlak

verwijderd, waarna een TEOS-laag wordt gedeponeerd om de polysiliciumlagen te beschermen tijdens het aanbrengen van de bedrading. De contactgaten worden geopend in de TEOS-laag, het onderliggende nitride en oxyde tot op de elektronica. De aluminium bedrading wordt gedeponeerd en met een combinatie van droog en nat etsen wordt het patroon aangebracht. Alle gebieden waar aluminium bedrading aanwezig is worden bedekt met fotolak, om deze te beschermen tegen het sacrificial etsmiddel. Hierbij treden problemen op zoals slechte hechting van de lak en losscheuren van het aluminium. Om deze problemen op te lossen is geëxperimenteerd met dunne oxyde-lagen en het bakken en laten vloeien van de fotolak. Om de selectiviteit van het sacrificial etsmiddel BHF ten opzichte van Al te vergroten, zijn glycerine en glycerol toevoegingen geprobeerd, evenals een zogenaamde pad-etchant. De beste resultaten zijn behaald met uitgebakken fotolak en de pad-etchant. Om sticking te voorkomen worden de structuren gespoeld in cyclo-hexaan, dat bevroren wordt en daarna sublimeert in een stikstof stroom.

Om de intrinsieke mechanische spanning in een dunne film te bepalen zijn er verschillende methodes beschikbaar, zoals; bepaling van de resonantie frequentie van een bruggetje, doorbuiging van een bruggetje, meting van de kromming van een plak of balkje, opbollen (buckling) van bruggetjes en vervorming. Het opbollen is een veel gebruikte methode voor surface-micromachining en is eenvoudig in het gebruik. Bij een bepaalde spanning, zullen alle bruggetjes die langer dan een bepaalde lengte, krom gaan staan. Om de spanning te bepalen is een rij van bruggetjes nodig van verschillende lengte. Dit opbollen zal alleen optreden als een drukspanning aanwezig is. Voor de bepaling van trekspanning zijn conversie structuren nodig die de trekspanning lokaal omzetten in een drukspanning. Om de nadelen van de bestaande methodes te vermijden zijn een aantal nieuwe structuren ontworpen. Twee nieuwe structuren voor de conversie van de spanning maken gebruik van opbollen. De ruitvormige structuur is beter betrouwbaar dan de bestaande ringstructuur, maar is inefficiënt en daardoor erg groot. De trek-duw structuur is efficiënt en klein maar heeft de neiging op te krullen, waardoor deze onbruikbaar wordt. Een vervormende rotatiestructuur versterkt de vervorming ten gevolge van de spanning met behulp van een roterende arm. De uitwijking van het uiteinde van deze arm is een directe maat voor de spanning. Deze structuur maakt het mogelijk op eenvoudige wijze zowel druk- als trekspanning te meten, zonder een grote rij structuren. Het is met succes gebruikt bij de ontwikkeling van het proces voor polysilicium met lage spanningen.

De actuatoren die zijn gemaakt hebben platen met afmetingen van 10 mm lang en 40 mm breed. De ophanging is 10 mm lang en 1,5 mm breed. Dit heeft een activerings spanning van 21 V tot gevolg en een verplaatsing van 245 nm, in één cyclus. Eén en twee dimensionale arrays zijn gemaakt en getest. Activeringsspanningen lagen tussen de 7 V en 15 V. Door signaal overdracht tussen verschillende signaallijnen, was het onmogelijk de transport functie te testen. De transistoren zijn getest en de karakteristieken zijn niet veranderd door het surface-micromachining proces.Het positioneringssysteem is gemaakt in een twee-laags surface-micromachining proces dat compatibel is met een zijn ontworpen, die nauwkeurig en klein genoeg zijn om gebruikt te kunnen worden op alle surface-micromaching chips standaard micro-elektronica proces (DIMES-01). Nieuwe structuren voor het meten van mechanische spanningen om de mechanische spanningen in de gaten te houden.

* * *

ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS APPLIED TO POWER SYSTEMS

A.G. Jongepier
15 oktober 1996
Promotoren: prof. ir. L. van der Sluis en prof. dr. ing. H Rijanto

Artificiële neurale netwerken (ANN) zijn een relatief nieuwe loot aan de stam van kunstmatige intelligentie. Zij zijn afgeleid van modellen van de menselijke hersenen, en hun eigenschappen zijn dan ook gekopieerd van eigenschappen van het menselijk brein. Voorbeelden van deze eigenschappen zijn patroon herkenning, het opvragen van informatie aan de hand van de inhoud van patronen, automatische generalisatie, fout tolerantie en training aan de hand van voorbeelden. Deze eigenschappen kunnen bijzonder bruikbaar zijn voor toepassing op technische processen. Het doel van dit proefschrift is dan ook het aangeven van de bruikbaarheid van deze techniek voor problemen uit de elektriciteits-voorziening. De herkomst, geschiedenis en fundamenten van ANN zijn beschreven in een

algemene introductie. In het algemeen bestaat het gebruik van ANN uit twee fasen: de trainingsfase en de gebruiksfase. Tijdens de trainingsfase wordt een ANN door middel van een trainingsalgoritme aangepast aan voorbeelden van in- en outputsignalen die het proces beschrijven dat wordt gemodelleerd. Tijdens deze fase wordt kennis gedestilleerd, die wordt opgeslagen in de parameters van het gebruikte ANN. ANN zijn dan ook modellen die slechts het uiterlijke gedrag van een proces beschrijven. Deze kennis wordt vervolgens gebruikt tijdens de gebruiksfase wanneer nieuwe informatie, die niet is gebruikt tijdens de training, wordt aangeboden. Afhankelijk van het type ANN dat wordt toegepast wordt een respons gegenereerd die gebaseerd is op bijvoorbeeld interpolatie, restauratie of classificatie.

Vier typen ANN zijn beschreven waarvan de eigenschappen voldoende bekend zijn om te worden toegepast op praktische processen: de muiti-layeredperceptron (MLP), het Hopfield netwerk (HN), de Boltzmann machine (BM) en Kohonens self-organizing feature map (SOM). De opbouw, de eigenschappen en de werking van deze netwerken zijn beschreven, tezamen met mogelijke problemen. De eigenschappen van ANN in het algemeen zijn niet-lineair gedrag, eenvoudige curve-fitting, automatische clustering en patroon restauratie. leder type ANN heeft uiteraard zijn eigen, specifieke eigenschappen. Om de positieve en negatieve kanten van toepassing van ANN te onderzoeken, zijn de MLP, de BM en de SOM toegepast op praktische processen, geselecteerd uit de elektriciteitsvoorziening. Daartoe zijn drie case studies uitgevoerd op het gebied van de elektriciteitsvoorziening. Deze case studies zijn adaptieve distantie beveiliging, belasting voorspelling en alarm afhandeling. Zij zijn geselecteerd omdat bestaande methoden geen bevredigende oplossingen bieden voor de gerelateerde problemen. De algemene kenmerken van deze processen zijn het niet-lineaire gedrag, de moeilijkheid bij het identificeren van de interne structuur en de mogelijke verstoring van signalen. ANN bieden eigenschappen om om te gaan met dergelijk proces-kenmerken. De case studies zijn gebruikt om conclusies te trekken aangaande de praktische toepassing van ANN. Hoewel de conclusies in eerste instantie gericht zijn op de desbetreffende toepassing, zijn deze conclusies gegeneraliseerd waardoor het belang ervan is uitgebreid tot andere gebieden waarvan de kenmerken van processen identiek zijn. Omdat het bij de case studies gaat om bestaande processen, hebben de conclusies betrekking op de praktische toepassing van ANN op processen uit de elektriciteitsvoorziening in plaats van op kleine, niet realistische, academische problemen. Het is gebleken dat ANN succesvol kunnen worden toegepast op processen waarbij bestaande technieken niet (naar tevredenheid) kunnen worden ingezet. Niet-lineair gedrag, generalisatie en patroon herkenning zijn eigenschappen die ANN onderscheiden van bestaande technieken. ANN zijn daardoor zeer geschikt voor toepassing op processen die anders zeer moeilijk te modelleren zijn, zoals processen met niet-lineair gedrag en verstoorde signalen. Bestaande technieken vereisen gecompliceerde uitbreidingen in dit soort gevallen, terwijl ANN eenvoudig, snel en naar tevredenheid zijn te gebruiken. Omdat de kennis automatisch wordt geëxtraheerd, kunnen zij ook worden ingezet als hulpmiddel bij de analyse van data.

Problemen kunnen ontstaan bij het optimaliseren van de instellingen, zoals de trainingsfactoren en de grootte van de trainingsset, alsmede het beoordelen van de prestaties van een ANN. Omdat ANN juist geschikt zijn voor processen waarvan de interne structuur niet kan worden bepaald, moeten de instellingen worden geoptimaliseerd door middel van een trial and error aanpak. De gevoeligheid van ANN met betrekking tot deze instellingen is gelukkig over het algemeen klein. De prestaties van een ANN kunnen slechts worden beoordeeld door middel van het presenteren van een test set die niet gebruikt is om het netwerk te trainen. Hoewel een aantal aspecten van ANN nog niet (voldoende) bekend zijn, zoals de optimale instellingen, zijn zij al wel zover ontwikkeld dat praktische toepassingen kunnen worden gerealiseerd. Een methode is beschreven waarmee succesvolle toepassingen kunnen worden geconstrueerd. Suggesties voor verder onderzoek worden gedaan om de verzameling bestaande, praktisch toepasbare ANN uit te breiden, terwijl ook de tekortkomingen van de beschreven netwerken zouden kunnen worden opgelost. De algemene conclusies van dit onderzoek zijn dan ook dat artificiële neurale netwerken een zinvolle aanvulling vormen op de reeds bestaande technieken voor het oplossen van vraagstukken in de elektriciteits-voorziening, en dat de toepassing van ANNs eenvoudig is zodra de basisprincipes ervan zijn begrepen.

* * *

FINITE ELEMENT MODELLING OF STATIC AND STATIONARY ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS

I.E. Lager
22 oktober 1996
Promotor: prof. dr. ir. P.M. van den Berg

In dit proefschrift wordt een nieuwe eindige-elementen-methode beschreven voor het berekenen van statische en stationaire elektrische en magnetische velden. De gebruikte aanpak bestaat uit een formulering van het op te lossen veldprobleem direct in termen van het te berekenen veld. Dit is in tegenstelling tot de gebruikelijke methoden die gebaseerd zijn op een formulering van het veldprobleem in termen van (vector)potentialen. Deze methoden hebben het nadeel dat het gewenste veld slechts berekend kan worden door de genoemde potentialen numeriek te differentiëren. Dit leidt tot verlies van nauwkeurigheid. Na een formulering van de basisvergelijkingen worden de condities geanalyseerd waaronder statische en stationaire elektrische en magnetische velden tot een veldprobleem leiden met een eenduidige oplossing. Uit deze analyse volgt dat het tegelijkertijd voldoen aan de betrekkingen betreffende de divergentie en de rotatie van het veld een noodzakelijke voorwaarde is voor eenduidigheid. Het belang van de voorwaarden die gelden op grensvlakken tussen gebieden met verschillende media en de voorwaarden die gelden op het buitenoppervlak van het rekengebied wordt ook onderzocht. De formulering van een eindige-elementen-methode start met het discretiseren van zowel het rekengebied als de fysische grootheden die in dat gebied berekend moeten worden. Om topologische redenen wordt het rekengebied opgesplitst in tetraëders. Voor het op samenhangende wijze discretiseren van de fysische grootheden in homogene deelgebieden, op grensvlakken, en op het buitenoppervlak wordt vervolgens een efficiënte combinatie van zogenaamde Cartesiaanse- en Edge-ontwikkelingsfuncties toegepast. De eigenschappen van de toegepaste ontwikkelingstechniek worden vergeleken met de methode die uitsluitend ontwikkelingsfuncties van het Edge-type gebruikt, en er wordt aangetoond dat de gemaakte keuze numerieke voordelen heeft. Vervolgens wordt een eindige-elementen-formalisme opgebouwd zodanig dat de discretisatiefouten die ontstaan bij het modelleren van de divergentie en de rotatie tegelijkertijd worden geminimaliseerd. De voorwaarden die gelden op de grensvlakken en het buitenoppervlak worden exact opgelegd op alle daarvoor in aanmerking komende punten. Het resulterende eindige-elementen-formalisme leidt, na het opleggen van een aantal vereenvoudigende voorwaarden, tot een kleinste-kwadraten minimalisatieprobleem. Voor dit minimalisatie-probleem worden schattingen van de foutgrenzen en de convergentiesnelheid in relatie tot de fijnheid van de vermazing afgeleid. De eigenschappen van het stelsel lineaire algebraïsche vergelijkingen dat ontstaat door het toepassen van de minimalisatie-methode worden bediscussieerd. Een lokale linearisatiemethode wordt gebruikt voor het oplossen van de veldvergelijkingen bij aanwezigheid van niet-lineaire media. Het beschreven formalisme is geïmplementeerd in het eindige-elementen-pakket FEMAX. De nauwkeurigheid van de beschreven methode wordt geïllustreerd door het oplossen van een aantal testproblemen met bekende analytische oplossingen. Tenslotte wordt het FEMAX pakket gebruikt voor de berekening van het magnetische veld in de omgeving van een (niet)-lineaire kop voor magnetische recording. De verkregen resultaten zijn van belang voor "close contact magnetic recording".

* * *

BATCH SCHEDULING WITHIN THE CONTEXT OF INTELLIGENT SUPERVISORY PROCESS CONTROL

V.J. Terpstra
31 oktober 1996
Promotoren: prof. ir. H.B. Verbruggen en ir. P.M. Bruijn

Introductie

Scheduling gaat over winst. Het heeft betrekking op het optimaal gebruik van een produktiefaciliteit. De huidige procesindustrie heeft te maken met een wereldwijde markt en dus met een wereldwijde concurrentie die een continue verhoging van de produktiviteit vereist ten einde concurrerend te kunnen blijven produceren. Tegelijkertijd vereist de markt in toenemende mate een steeds hogere flexibiliteit. Dit houdt in: een grotere variëteit in de te leveren produkten die in steeds kleinere hoeveelheden dienen te worden geleverd; kortere en gegarandeerde levertijden (just-in-time produktie); snellere introductie van nieuwe produkten, frequente veranderingen van de produktie doelen. Voor de

procesindustrie betekent de noodzaak van een verhoogde flexibiliteit een toegenomen interesse in batch-gewijze produktie en een meer flexibel gebruik van continue-produktie fabrieken. De besturing van een produktiefaciliteit kan, in het algemeen, gezien worden als een hiërarchie van regel- en besturingssystemen, variërend van directe regelkringen op laag niveau tot aan logistiek en directie op het hoogste niveau. Traditioneel concentreert de regeltechniek zich op het gedetailleerde, directe regelniveau. Echter, in dit proefschrift richten we ons op 'plant-wide' besturingen en wel specifiek op het niveau van MES (Manufacturing Execution Systems). Op dat niveau wordt een plant gezien als opgebouwd uit een verzameling van eenheden/machines, met elkaar verbonden door middel van transportmedia (b.v. pijpen). Schedulingsproblemen komen voort uit al die structuren waar een set van activiteiten (b.v. produktiestappen, operaties, taken) dienen te worden uitgevoerd met behulp van een beperkte hoeveelheid hulpmiddelen (b.v. eenheden, machines, mensen). Scheduling houdt zich bezig met het (optimaal of tenminste toelaatbaar) toewijzen van middelen aan activiteiten binnen beperkingen (b.v. deadlines, omschakelprocedures, produktveroudering, etc.)

Dit proefschrift richt zich op batch of gemengd-batch/continue fabrieken en dus op batch scheduling als een regeltaak op hoog niveau. Daarboven laten we zien dat de concepten die we presenteren voor batch scheduling ook gelden voor continue fabrieken. Scheduling als een regeltaak bevat drie generieke taken. Ten eerste, het schedulingsprobleem moeten worden gemodelleerd, zodanig dat de relevante aspecten worden gevat in een compact model. Ten tweede, het vinden van een toelaatbare en bij voorkeur optimale oplossing. Ten derde, het omgaan met onzekere gebeurtenissen door de schedules robuust te maken ten opzichte van deze verstoringen en door het schedule on-line aan te passen als reactie (i.e. 'reactief' schedulen). Het kernprobleem binnen deze taken is het vinden van een schedule binnen een beperkte tijd. Scheduling behoort tot de categorie van combinatorische optimalisatieproblemen die berucht zijn vanwege hun enorme complexiteit. We tonen dat de complexiteit van een combinatorisch optimalisatieprobleem gerelateerd is aan de kennis die beschikbaar is over het probleem. We stellen voor om de complexiteit aan te pakken door gebruik te maken van drie vormen van kennis. Ten eerste, door de inzet van mathematische en AI (Artificiële Intelligentie) technieken die 'harde' modellen van de fabriek gebruiken. Ten tweede, door gebruik van AI technieken die onzekere kennis in de vorm van heuristieken en voorkeuren benutten. Ten derde, door middel van mens-machine interactie de on-line gebruikerskennis en -inzichten toe te voegen. Elk van deze drie heeft zijn eigen voor- en nadelen, maar gezamenlijk vormen ze een krachtige combinatie. Om ze te combineren binnen één systeem dienen ze integraal te worden ontwikkeld. In onze ervaring en door vele contacten met de industrie, blijkt met name het 'interactief schedulen' in technisch en sociaal opzicht belangrijk. Dit onderzoek heeft geresulteerd in een theoretisch raamwerk dat scheduling plaatst als een combinatorisch optimalisatieprobleem, een gedetailleerd voorstel voor een interactief schedulingssysteem en een werkend prototype daarvan. Het is een interdisciplinair onderwerp dat regeltechniek, wiskunde, computerkunde, kunstmatige intelligentie, proceskunde, discrete fabricage, logistiek en produktieorganisatie combineert.

Combinatorische optimalisatie

De essentie van combinatorische optimalisatie is het zoeken door een 'boom'-structuur. De eenvoudigste zoekmethode is om via 'depth-first' alle mogelijke combinaties van de vrijheidsgraden te genereren en testen. Echter, de efficiency van het zoeken kan worden verbeterd door gebruik te maken van kennis over het probleem. Ten eerste, modelgebaseerde (zekere) kennis kan gebruikt worden voor 'branch pruning', i.e. het elimineren/snoeien van (grote) takken van de zoekboom. Ten tweede, heuristieke (onzekere) kennis gebaseerd op ervaringen (b.v. vuistregels) die expliciet gemaakt kunnen worden, kunnen worden gebruikt door de 'zoek strategie' (b.v. 'depth-first' of 'breadth-first') en door de 'search rearrangement' door voorkeuren in de zoekrichting te geven. Ten derde, kennis van de gebruiker in de vorm van heuristieken en inzicht die niet expliciet gemaakt zijn of gemaakt kunnen worden, kan worden gebruikt door middel van interactief schedulen.

Het ontwikkelde batch schedulingssysteem

De invoer voor het, in dit proefschrift voorgestelde, schedulingssysteem volgt de (ISA) standaardisatie richtlijnen door drie modellen te definiëren: een apparatuurmodel die de produktiefaciliteit beschrijft, een recept dat beschrijft in welke volgorde, welke bewerkingen moeten worden uitgevoerd om een produkt te fabriceren, en een produktieplan die de produktiedoelen formuleert. De voorgestelde modellering is relatief gedetailleerd. Dit om de

relevante complexiteit van apparatuur, recept vergelijkingen en graden van vrijheid zoals die in de praktijk voorkomen in de procesindustrie te vangen. Het voorgestelde schedulingssysteem bestaat uit drie modules: de 'planner', de 'integer scheduler' en de 'reals scheduler'. De 'planner' genereert het optimalisatieprobleem (het 'integer recipe') uit de ingevoerde modellen; het kijkt naar het produktieplan welke batches geproduceerd moeten worden, het recept geeft aan in welke volgorde welke taken/bewerkingen dienen te worden uitgevoerd en het apparatuurmodel geeft de informatie over de beschikbare hulpmiddelen. Het 'integer recipe' is een, in dit proefschrift voorgestelde, modelleringsmethode om een schedulingsprobleem te formuleren als een optimalisatieprobleem (i.e. het beschrijven van alle graden van vrijheid, beperkingen en criteria). Het optimalisatieprobleem bevat enerzijds discrete/ geheeltallige ('integer') beslisvariabelen (i.e. pad- en volgordekeuzes) en anderzijds reeëlwaardige beslisvariabelen (b.v. tijdstippen en volumes). De 'integer scheduler' beslist de geheeltallige beslisvariabelen, wat resulteert in een verzameling van 'integer schedules'. Vervolgens verfijnt de 'reals scheduler' deze oplossingen door de overgebleven reeëlwaardige variabelen te optimaliseren, wat resulteert in de uitvoer van de scheduler: het produktieschedule. De essentie van combinatorisch optimaliseren (en dus ook van schedulen) is zoeken door een boom. De 'integer scheduler' zoekt in de boom. Om de zoekefficiëntie te vergroten maakt het gebruik van modelgebaseerde kennis, heuristieken, mens-machine interactie en parallelle verwerking. Ten eerste, de modelgebaseerde kennis, die de vergelijkingen en de criteriumfunctie omvat, wordt gebruikt voor het snoeien van takken van de boom. De technieken die hiervoor gebruikt worden zijn 'branch-and-bound' en, met name, 'consistency enforcement'. Dit proefschrift stelt voor om een combinatie van 'consistency enforcement' technieken te gebruiken: constraint propagatie over discrete domeinen, temporeel redeneren en interval propagatie. De hiervoor voorgestelde modellen zijn specifiek ontworpen voor batch scheduling waardoor een grote 'snoeikracht' wordt bereikt. Tevens introduceren de voorgestelde modellen twee belangrijke innovaties in batch scheduling: 'temporeel redeneren' en 'niet-constructief zoeken'. Temporeel redeneren maakt het mogelijk om efficiënte en, in gebruikersperspectief, betekenisvolle keuzes te maken. Niet-constructief zoeken legt geen beperkingen op in de volgorde waarin keuzes gemaakt mogen worden (dit in tegenstelling tot de meeste huidig gangbare schedulingssystemen). Ten tweede, een generiek en flexibel zoekalgoritme wordt voorgesteld dat gemakkelijk verschillende zoekstrategieën (als b.v. 'depth-first' en 'breadth-first') kan combineren, dat parallelle computers kan gebruiken en het mogelijk maakt om met behulp van heuristieken het zoeken te sturen. Ten derde, dit proefschrift presenteert een interactief zoekalgoritme voor dat 'werkelijk' interactief zoeken mogelijk maakt; de gebruiker kan keuzes maken terwijl de automatische zoekmotor bezig is. Dit laat toe om het schedulingssysteem in een geleidelijke overgang te gebruiken van volledig handmatig tot volledig automatisch zoeken. De 'reals scheduler' richt zich met name op een gedetailleerde evaluatie van de beperkingen op inhouden van buffervaten. Het transformeert het 'integer schedule' in een expliciet NLP (niet-lineaire optimalisatie) model dat kan worden geoptimaliseerd met een NLP oplosser. Een algemeen scenario is gepresenteerd dat beschrijft hoe schedules robuust kunnen worden gemaakt ten aanzien van verstoringen van beperkte omvang. De scheduler veranderd in een reactieve scheduler door terugkoppellussen op ieder van de drie modules te plaatsen. De algoritmen van deze modules zijn aangepast om on-line te kunnen werken. Een voorbeeld is het gebruik van eerder berekende resultaten. 'Progressief redeneren' is in diverse vormen geïntroduceerd om zo snel mogelijk een goed en werkend schedule te krijgen. Constraint propagatie werkt het meest effectief in situaties met veel beperkingen waarin naar toegelaten oplossingen gezocht wordt. Reactief schedulen is zo'n situatie en daarom is contraint propagatie met name voor on-line scheduling geschikt. Conceptueel kan batch scheduling gezien worden als een specifieke vorm van een bredere klasse van 'superviserend model-gebaseerd voorspellend regelen'. Dezelfde concepten en technieken die voorgesteld zijn ten behoeven van batch scheduling zijn, in een generiekere vorm, toepasbaar voor superviserend model-gebaseerd voorspellend regelen.

Resultaten

Een object-georiënteerd prototype van de gepresenteerde scheduler is ontwikkeld en geïmplementeerd in de hoog-niveau programmeer omgeving 'G2'. Dit toonde dat de voorgestelde ideeën gerealiseerd kunnen worden en correct werken. Experimenten laten zien dat de effectiviteit van constraint propagatie voor het zoeken hoog is en toeneemt als de beperkingen strenger worden (zoals gebeurt in on-line reactief gebruik). De omvang van

de schedulingsproblemen waarmee omgegaan kan worden, hangt af van de 'snoeikracht' van de constraint propagatie, de kwaliteit van de heuristieken en de snelheid van de implementatie. Het blijkt dat de rekentijden van het huidige prototype kort genoeg zijn voor interactief schedulen van een klein, maar op de praktijk gebaseerd, schedulingsprobleem. We schatten dat een efficiënte implementatie een zodanige snelheidsverbetering kan opleveren waardoor het schedulen van grootschaliger problemen en automatisch zoeken, en dus 'werkelijk' interactief schedulen' mogelijk wordt.

Conclusie

Batch scheduling is een zeer relevant probleem binnen de procesindustrie. Het is een regelprobleem binnen de Manufacturing Execution Systems besturingslaag waar vaak naar wordt gerefereerd als de 'kloof' tussen bestaande fabrieksautomatiseringssystemen en logistieke/administratieve automatisering. Het kernprobleem in scheduling is de wiskundige complexiteit. De sleutel om deze complexiteit aan te kunnen is kennis. Dit proefschrift presenteert een schedulingssysteem dat gebruik maakt van een variëteit aan technologieën die verschillende vormen van kennis kunnen gebruiken, namelijk model-gebaseerde kennis, heuristieken en menselijk inzicht. Dit heeft geresulteerd in een prototype van een schedulingssyteem dat zich met name richt op het oplossen van gedetailleerde, korte termijn schedulingsproblemen met veel beperkingen, zoals deze voorkomen bij on-line scheduling in de procesindustrie.

* * *

AUTONOMOUS CONTROL IN DEXTEROUS GRIPPING

E.G.M. Holweg
18 november 1996
Promotoren: prof. ir. G. Honderd en dr. ir W. Jongkind

Teleman is een onderzoeksprogramma van de European Atomic Energy Community in het kader van het op afstand uitvoeren van bepaalde taken in gevaarlijke of ongestructureerde nucleaire omgevingen. Het strategische doel van Teleman is de ontwikkeling van teleoperators, die tegemoet komen aan de behoefte van de nucleaire industrie en ontwikkelaars. De teleoperators kunnen bijdragen aan de veiligheid en toepasbaarheid van mens en machine in verschillende sectoren van de nucleaire industrie, onder andere op het gebied van mijnbouw tot werkzaamheden in de kernreactor, zoals inspectie, onderhoud en beheersing van calamiteiten. Een van de projecten binnen het Teleman programma, is het Teleman-18 project. Het doel van het Teleman-18 project, waarvan het onderzoek dat hier beschreven is deel uitmaakt, is er voor te zorgen een basis te leggen voor de ontwikkeling van een prototype van een grijpermodule, uitgerust met intelligente, kennis-gestuurde regelaars. Deze moeten inzetbaar zijn in zowel autonome als man-machine operaties.

De experimenteeropstelling is opgebouwd rond een behendige grijper, waarvan de mechanische constructie door Vermaat Technics B.V. is ontworpen. De grijper heeft drie vingers, elk met drie graden van vrijheid en een actieve palm, met twee graden van vrijheid. De grijper wordt deels hydraulisch, pneumatisch en elektrisch aangedreven. De grijper is speciaal ontworpen voor het gebruik in gevaarlijke omgevingen, zoals in de reactor van een nucleaire centrale, of in chemisch verontreinigde gebieden. Schadelijke stralingseffecten maken het noodzakelijk dat alle elektronische onderdelen in de grijper passief zijn uitgevoerd. De rekenapparatuur bestaat uit een real-time, multi-processor transputer netwerk, met daarnaast een off-line systeem, gerealiseerd door één of meerdere SUN werkstations. Gebruikerstaken, zoals "Grijp voorwerp" en "Plaats bout" zijn te ingewikkeld voor een regelaar om direct uitgevoerd te kunnen worden. Dit soort taken dienen eerst in kleinere commando's te worden gesplitst, welke wel eenvoudig genoeg zijn om te kunnen worden gerealiseerd. Het autonome besturingssysteem is verantwoordelijk voor de implementatie van de regelstructuren en maakt gebruik van primitieven. Primitieven zijn kleine processen, die een bepaalde taak kunnen uitvoeren, zonder tussenkomst van de gebruiker. Een primitieve kan andere primitieven aansturen om een bepaald doel te bereiken. Hiermee wordt een hiërarchie van processen, of primitieven, bewerkstelligd. Een bepaalde taak kan worden uitgevoerd door een hiërarchie van primitieven die daarop van toepassing is. De regelaars zijn ontwikkeld op een transputer systeem en maken gebruik van primitieven. De implementatie, of Transputer Software Tool, geeft de gebruiker een virtueel robot concept om op eenvoudige wijze robots aan het besturingssysteem te koppelen. Tevens zijn er joint en Cartesische regelaars aanwezig om eenvoudige taken uit te voeren. De openheid van de

Transputer Software Tool maakt het mogelijk om eigen taken en speciale primitieven toe te voegen. Met behulp van TCP/IP communicatie kunnen programma's, welke op andere computers draaien, gemakkelijk aan de Transputer Software Tool worden gekoppeld. Hiermee kunnen op een gestructureerde manier complexe regelstructuren worden gerealiseerd. Door de toenemende complexiteit van de huidige robot systemen en grijpers zijn er speciale primitieven ontworpen, die de gebruiker kunnen ondersteunen in het autonoom grijpen en manipuleren van voorwerpen. Deze taken vinden plaats in een ongestructureerde omgeving, waar geen of weinig gegevens bekend zijn over de te grijpen voorwerpen. Om hierin te voorzien is een alternatieve methode voorgesteld, waarin de vingers van de grijper met behulp van tastzin worden geregeld. Deze tastzin wordt verkregen door gebruik te maken van tactiele matrix sensoren, die op de vingertippen worden geplaatst. Deze sensoren vuren individuele reflexen, welke gecombineerd kunnen worden tot complexe grijpbewegingen. Een reflex wordt gedefinieerd als een actie die door de tastzin in werking wordt gesteld en uitgevoerd zonder invloed van de hogere lagen in het besturingssysteem. Hierdoor wordt het mogelijk snel te reageren op veranderingen. Naast de Transputer Software Tool is een 3D CAD programma ontwikkeld om de gebruiker te assisteren bij het simuleren en controleren van uit te voeren of uitgevoerde taken. Zoals bewezen functioneert de Transputer Software Tool naar tevredenheid. De primitieven, zoals de reflex regelaars, ondersteunen de gebruiker goed in het autonoom uitvoeren van bepaalde taken. De 3D informatie helpt de gebruiker bij het ontwerpen en controleren van de uit te voeren taken.

* * *

GYROSTABILISER FOR MOBILE ANTENNA POST

I. Popova
25 november 1996
Promotoren: prof. ir. G. Honderd en dr. ir. W. Jongkind

The analysis of modem mobile communication systems and the major trends in instrumentation development showed that the mobile antenna post constructed as an autonomous gyroscopic indicator system of stabilisation and control of the focal antenna axis orientation and its polarisation plane in the inertia space appears to be promising with regard to accomplishing reliable and high-quality reception of the satellite TV-picture on board the sea and river vessels. Being realised in a non-traditional approach for constructing the stabilisation system as a combination of a two-axes gyrostabiliser with a contour of horizontal correction and a single-axis gyrostabiliser with a contour of azimuthal correction installed on the former one, it meets the requirements imposed on mobile antenna posts functional and operational characteristics and provides their autonomy from the onboard navigational equipment. To meet the requirements imposed on basic sensitive elements of the scheme suggested, unirotor vibrational gyroscopes operating in the mode of a two-component sensor of angular velocity and pendulous accelerometers prove worth of being employed at present. These sensors provide required metrological characteristics within a wide range of pre-set functional characteristics under the environments, their cost being minimal. The complete mathematical model with the help of which the motion of the mobile antenna post generalised scheme is described appears to be a non-linearly one. A number of assumptions, such as linearisation of some non-linearised elements and disregard of the high order of smallness, justified and approved of in the analysis, allowed to linearise and to simplify the mathematical model of the system as a whole. Linear mathematical models for mobile antenna post subsystems given as differential equations of motions in the operator form permit to perform parameters selection and to accomplish their further transformation in regard to any measuring co-ordinates systems. The method of dynamic synthesis of linear continues automatic control systems appears to be the most effective one for synthesising the mobile antenna post linearised mathematical model. The functional purpose of some subsystems determines basic criteria for their synthesis: transitional process duration stands for a criterion in the rough levelling subsystem synthesis, the error of levelling serves as a criterion for synthesising the subsystem of accurate levelling and the oscillation index can be meant as the extreme subsystem synthesis criterion. Using correcting elements with a justified structure and parameters in each channel it is possible to obtain the desired quality of the transition process in phase and amplitude.

The methods employed and the mathematical expressions received allow to determine the structure and the basic parameters for the horizontal correction contour complying with the requirements to the

metrological and operational characteristics of mobile antenna posts. The linearised mathematical model and the filter hypothesis taken into consideration allowed to find out a simple engineering method for calculating the parameters and for choosing the structure of the azimuthal channel extreme system. Simulating mathematically complete equations for the extreme system motion with regard to characteristic non-linearities and real disturbances, assumptions adopted for linearising the system mathematical model were justified. The mathematical model developed makes it possible to carry out selection of some separate elements and to optimise the system parameters in general. Major errors in the system are caused by the influence of disturbing moments upon the gimbal mount axes, by linear accelerations in the antenna point of suspension in diverse object motions, by the gyroscope zero signal and the vector of angular velocity of the Earth's revolution. The instrumental error in the focal antenna axis elevation angle channel at frequencies lower than the basic frequency of the accurate levelling system is proportional to the gyroscope zero signal, the latter being equivalent to angular acceleration, while at higher frequencies it is proportional to the zero signal equivalent to the gyrostabilised platform turn around the corresponding axis. The instrumental error of the azimuthal channel comprises the amplitude of the single-axis gyrostabiliser search motion and has no static components caused by the disturbances mentioned. Limitations imposed on harmonic components of the gyroscope zero signal in the elevation angle channel with reference to the error model elaborated dominate when choosing the type of gyroscopic sensitive elements. Experimental investigations of the mobile antenna post demonstrator and its pilot model showed that methods of analysis and synthesis as well as technical and design decisions provide the over designed metrological and operational characteristics of mobile antenna post for antennas with varied diameters of dish and configurations. High degree of repeatedness of the pilot model characteristic values permits to organise serial production of varied mobile antenna posts modifications. The mathematical model elaborated, the methods and the results of structural and parametrical synthesis, the methods of errors distribution and their estimation, and the expressions for their calculation are presented in a generalised form convenient for conducting calculations and for optimising when designing similar systems.

Experimental investigations of MAP-60 pilot models also revealed some disadvantages in the scheme proposed. They are as follows.

1. Increased sensitivity of the scheme offered towards linear accelerations influence.
2. Limitations on location and duration of a continuous TVcommunication with one satellite, if there is no additional focal antenna axis elevation angle correction performed by the man.

The first disadvantage mentioned belongs to methodical errors of the levelling system and it can be remedied by using accelerometer signals for maintaining the levelling system which is partly invariant to linear accelerations with frequencies typical for sea vessels swaying. There exists another way of obtaining a levelling system invariant to linear accelerations influence, i.e. through introducing the extreme system into the structure of the elevation angle channel. To employ this method it is necessary to change correspondingly the generalised structural scheme and the gyrostabiliser operational cycle accounting for the possibility to switch the levelling mode into the mode of the extreme system operation after rough adjustment has been completed. In this case, readings from accelerometric sensors in the mode of the extreme system operation in accordance with the elevation angle could be used for improving its dynamic accuracy. Limitations on the location and duration of a continuous TV-communication with one satellite as well as turning-up to another satellite on the geostationary orbit could be removed by using information about the object actual location from the maintenance equipment through the interface as well as by varying the software and the exchange protocol between the computer and the gyrostabiliser electronic block microprocessor. Onboard navigation equipment, or GPS with a rather low accuracy, presenting information about the object actual positioning in the geographical coordinates system four times an hour with the accuracy up to dozens of kilometres could be used as maintenance equipment. The use of on-board navigational devices will deprive the system of its autonomy, that is why it is preferable to employ GPS for this purpose.

* * *

INTEGRATED MICRO VACUUM TUBES IN SILICON

J.A. Foerster
19 november 1996
Promotoren: prof. dr. ir. S. Middelhoek en dr. ir R.F. Wolffenbuttel

Het doel van het onderzoek gepresenteerd in dit proefschrift, is het ontwerpen van geïntegreerde, afgesloten microvacuümbuizen (diodes en triodes) in silicium, door middel van microfabricage, compatibel met de standaard fabricagetechnologie voor micro-elektronica. Elektronische vacuümbuizen, ook bekend als radiolampen, zijn elektronische signaalversterkers. Ontwikkeld aan het begin van de 20e eeuw, werden ze in de jaren '50 grotendeels vervangen door de transistor. De transistor bood verschillende voordelen, zoals kleinere afmetingen, lagere produktiekosten en lager energieverbruik, en de mogelijkheid om grote aantallen transistoren te integreren op een enkele chip. Echter de transistor biedt niet per definitie betere elektrische prestaties. Moderne fabricagemethodes stellen ons heden ten dage in staat om complexe, driedimensionale structuren in silicium te kunnen maken. Daarmee wordt miniaturisatie van roostergestuurde vacuümbuizen mogelijk. Alvorens de theorie van de vacuümbuis zelf te bespreken, worden eerst vier belangrijke deelaspecten besproken: het vacuüm, oftewel de toegestane resterende druk in de holte van de buis, de stabiliteit van het vacuüm op langere termijn ten gevolge van de diffusie van gassen door de buiswand, de exacte plaatselijke meting van hoge temperaturen op een chip, en de elektronen-emissie uit een vaste stof in het vacuüm. Mede door de kleine afmetingen van de microbuizen is een resterende druk in de buisholte tot maximaal 1400 Pa acceptabel. Temperaturen tot 600 0C zijn toelaatbaar zonder dat daardoor de lange-termijn stabiliteit van het vacuüm wordt aangetast. Door de temperatuur-coëfficient van de weerstand van een tweelaags Pt/Ti structuur te gebruiken kan de temperatuur van de microbuis gemeten worden. Met deze methode wordt de nauwkeurigheid van een platina thermische sensor tot op 0,25% benaderd. De veld-emissie van elektronen vanuit silicium, eventueel vergroot door verhoging van de emittertemperatuur blijkt de meest bruikbare methode te zijn om vrije elektronen te genereren. Van de theoretische modellen van conventionele elektronische vacuümbuizen kunnen modellen voor geïntegreerde vacuümdiodes en -triodes worden afgeleid. In deze modellen moet rekening worden gehouden met de effecten van miniaturisatie. Van microvacuümdiodes kan een in principe exponentiële I-V karakteristiek verwacht worden. Kenmerkende getallen voor vacuümtriodes zijn de transconductantie gm en de inwendige weerstand rp. Bijkomende aspecten van microbuizen, zoals maximale frequentie, (on)gevoeligheid voor radioactieve straling en de mogelijkheid tot verdere miniaturisatie behoeven bij de huidige stand van het onderzoek nog niet in detail bestudeerd te worden.

Het ontwerp en het fabricageproces van geïntegreerde vacuümbuizen moet compatibel zijn met de standaard fabricagemethoden. Een aantal onderdelen van de vacuümbuis vragen extra aandacht, met name de delen die door microfabricage tot stand gekomen zijn, zoals de buisholte en de verzegeling daarvan onder vacuüm, de platina thermische sensoren, de naaldvormige emitter-kathode en de zelfcentrerende stuurelektrode. Bij gebruikmaking van een op CF4-gebaseerde RIE-ets (Reactieve Ionen Ets) met toevoeging van Cl2, wordt een buisholte met een vanaf de bodem taps afnemende centrale kolom gefabriceerd. Door oxidatie en etsing wordt deze tapse kolom aangescherpt tot een verzonken microtip. Door een standaard polysiliciumdepositie kan zonodig een zelfcentrerende stuurelektrode rondom de microtip worden vervaardigd. Vervolgens wordt het oppervlak geëgaliseerd door een laag (B)PSG (Boron doped PolySilicate Glass) en fotolak, waarna de brugvormige polysilicium anode kan worden gedeponeerd. Na het verwijderen van de overbodig geworden (B)PSG en fotolak wordt de buisholte onder vacuüm verzegeld middels de standaard aluminium opdampmethode. Tenslotte worden de onderlinge verbindingen tussen de verschillende elementen op de chip gelegd door een tweede aluminiumlaag bovenop een LTO-bufferlaag aan te brengen. Hierdoor wordt het gevaar van elektrische doorslag voorkomen.

Door de complexe vorm van het elektrische veld in de microbuizen, is bij het simuleren van de prestaties hiervan een analytisch model niet praktisch haalbaar. Daarom zijn een aantal numerieke modellen ontwikkeld op basis van de eindige elementen methode om de prestaties van de buizen te kunnen voorspellen. Uit deze simulaties blijkt dat een elektrisch potentiaal boven de 80 Volt is vereist, vanwege de hoge (lokale) elektrische veldsterkte die nodig is voor de veld-emissie. Bij hogere spanningen kan voor micro vacuümdiodes een diodestroom (per emitter) tot in het mA-gebied verwacht worden. Simulaties van microvacuümtriodes met een enkele emitter en stuurelektrode geven een transconductantie van 1.7 mA/V en een inwendige weerstand van 46 GW. Metingen aan de microbuizen die tot dusver zijn gefabriceerd hebben aangetoond dat een accurate meting van hoge temperaturen op de chip mogelijk is met behulp van geïntegreerde platina/titanium weerstanden. Met gebruikmaking van aluminium opdamping zijn microholtes in silicium betrouwbaar vacuüm verzegeld. De resterende druk binnen de microholte ligt in het mPa gebied. Elektronen-emissie

vanuit een silicium microtip is aangetoond. De gemeten maximale stroom bedraagt ongeveer 1 mA per tip. Het egaliseren van het oppervlak van de wafer met behulp van (B)PSG is mogelijk zonder het onderliggende polysilicium onaanvaardbaar te beschadigen, indien diens dikte groter is dan 500 nm. Zowel afgesloten micro vacuümdiodes als emitter-stuurelektrode constructies met een enkele of meerdere tips zijn reeds succesvol gefabriceerd.

* * *

BiCMOS FOR SPEED

V Simion
2 december 1996
Promotor: prof. dr. ir. R.H.J.M. Otten

In dit proefschrift presenteer ik schakelsnelheids-optimalisatietechnieken voor cel-gebaseerde BiCMOS geïntegreerde schakelingen. Cel-gebaseerd IC-ontwerp is een veel gebruikte techniek waarbij de schakeling wordt opgebouwd uit een aantal vooraf ontworpen elementen. Elk van deze elementen is door experts ontworpen en uitvoerig getest. Hierdoor kan een schakeling relatief snel en met voorspelbare eigenschappen ontworpen worden, hetgeen de kosten omlaag brengt. De BiCMOS technologie is een IC-fabricageproces waarbij zowel CMOS als bipolaire transistors op dezelfde wafer geïntegreerd kunnen worden. Fabricage in deze technologie is iets duurder dan in de conventionele CMOS technologie. In BiCMOS kunnen echter de beste eigenschappen van beide transistortypen gecombineerd worden: hoge integratiedichtheid, laag energieverbruik, en zeer hoge schakelsnelheden. Met de in dit proefschrift voorgestelde optimalisatie-technieken kunnen deze snelle schakelingen efficiënter ontworpen worden. In hoofdstuk 2 wordt een nieuwe methode gepresenteerd waarbij BiCMOS drivers in het kritische pad van de schakeling gebruikt worden. Een aantal varianten voor BiCMOS poorten die eenvoudig in een standaard-celbibliotheek opgenomen kunnen worden passeren daarbij de revue. Deze poorten zijn speciaal geschikt voor het aansturen van grotere capacitatieve belastingen. Voorts worden in dit hoofdstuk de eisen die deze BiCMOS drivers stellen aan de transistormodellen bepaald, waardoor de poorteigenschappen nauwkeurig voorspeld kunnen worden.

In het volgende hoofdstuk 3 presenteer ik een nauwkeurig analytisch vertragingstijdmodel voor de totem-pole BiCMOS invertor. Dit nieuwe model houdt rekening met de z.g. short-channel en de narrow-channel effecten op de transistor-vergelijkingen. Bovendien worden de high-level injection-effecten op de collectorstroom van de bipolaire transistor in de beschouwing meegenomen. Ik heb twee analytische modellen ontwikkeld. Het eerste model geeft een zeer nauwkeurige schatting voor de vertragingstijd, maar is tamelijk rekenintensief. Het tweede model geeft een minder accurate benadering maar is eenvoudiger te gebruiken en sneller. In hoofdstuk 4 heb ik op basis van het nauwkeurige model een CAD vertragingstijdmodel ontwikkeld dat zowel de steilheid van de ingangsflank als de uitgangsbelasting als parameters gebruikt. Dit model is zeer toepasbaar in schakelsnelheids-optimalisatiealgoritmen in automatische circuit-synthese-programma's. Als laatste aspect in dit hoofdstuk heb ik de energieconsumptie van de schakeling geanalyseerd en nauwkeurig gekarakteriseerd. Deze parameter hangt af van de flanksteilheid van het ingangssignaal. Het effect van de schakelsnelheidsoptimalisatietechnieken hangt vanzelfsprekend ook af van de individuele ontwerpcomponenten. Het ontwerp van zulke componenten is niet triviaal. In hoofdstuk 5 ga ik in op de snelheidsoptimalisatie van combinatorische schakelingen die met deze componenten worden opgebouwd. Na een inleiding over de basistechnieken voor standaard-cel optimalisatie presenteer ik een algemene strategie voor BiCMOS bufferontwerp. Ik heb een automatisch BiCMOS ontwerpsysteem geïmplementeerd dat gebruikt kan worden voor bibliotheekcelontwikkeling. Het zou ook geïntegreerd kunnen worden in de netwerkoptimalisatiestap van een logisch syntheseprogramma. Ik behandel weer een andere relevante schakelsnelheidoptimalisatiestap in hoofdstukken 6 en 7. Sommige uitgangssignalen moeten een groot aantal ingangen aansturen, vaak meer dan het aantal waarvoor de poort ontworpen was. Door een fan-out tree van buffers en invertors in te voegen kan het uitgangssignaal versterkt worden, terwijl de vertraging binnen zekere grenzen blijft. Ik presenteer hiervoor een nieuw fanout-optimalisatiealgoritme in hoofdstuk 7. Het werk is eveneens geïmplementeerd. De experimentele resultaten steken gunstig af bij ander werk op hetzelfde probleem. In Hoofdstuk 8 presenteer ik mijn tweede schakelsnelheidsoptimatisatiestrategie voor macro-cel ontwerp: een laag-voltage/hogesnelheids-ontwerpstijl voor iteratieve (d.w.z. repeterende) netwerken. Ik toon aan hoe dergelijke circuits

automatisch gegenereerd kunnen worden. Een schakeling is ook op een chip geïmplementeerd.

* *

NIET-CULLULAIRE DRAADLOZE COMMUNICATIE SYSTEMEN

J.P.F. Glas
5 december 1996
Promotor: prof. dr. ir. R.H.J.M. Otten

De vraag naar mobiele communicatiemiddelen stijgt met de mogelijkheden die door de technologie geboden worden. Dankzij moderne middelen is mobiele communicatie nu in vele situaties. Belangrijke componenten in deze mobiele communicatie vormen de zgn. niet-cellulaire draadloze communicatie systemen. Dit proefschrift laat zien hoe moderne middelen en ontwerp-methoden kunnen worden toegepast in het ontwerp van dergelijke systemen. De nadruk ligt hierbij op de digitale basisband bewerkingen van een transceiver. Hierbij wordt de ``embedded system'' ontwerpmethode behandeld. Deze methode wordt gebruikt om de traditionele barrière tussen hardware en software te verkleinen. De consequenties van de systeem-specificatie voor het front-end worden echter wel genoemd. Tijdens de realisatie van een communicatiesysteem moeten vele beslissingen worden genomen. Een probleem hierbij is dat alle beslissingen op een of andere manier gerelateerd zijn. Het eerst verzamelen van alle afwegingen om daarna een optimaal systeem te configureren is daarom niet mogelijk. Keuzes moeten gemaakt worden op geschikte plaatsen in het ontwerptraject.

De keuze van een "multiple-access" techniek beïnvloedt alle hierop volgende stappen van het ontwerptraject en moet daarom in een vroeg stadium worden gemaakt. Het is bekend dat "Code Division Multiple Access" (CDMA) technieken goed passen bij de aard van niet-cellulaire communicatie systemen, iedere CDMA-techniek heeft echter specifieke nadelen. We laten zien dat door het combineren van een tweetal bekende technieken: "direct-sequence" en "frequency-hopping", een hoge "processing gain" kan worden gecombineerd met een effectieve vermindering van het "near-far effect". De "multiple-access" techniek vormt de basis voor een volledige systeemspecificatie. Gedurende de systeem-definitie verschijnen er steeds nieuwe afwegingen. Om hierbij tot zinvolle compromissen te komen, wordt marktpotentieel in de vorm van gebruikerswensen geëvalueerd. We beschrijven de systeemspecificatie aan de hand van een praktijkvoorbeeld. Op deze manier wordt er duidelijk waar in het ontwerp problemen bestaan. Dit voorbeeld heeft de naam WISSCE: ``Wireless Indoor Spread Spectrum Communication Equipment''. Ook de beschikbare middelen om het systeem te implementeren vormen een belangrijke overweging. In vele tijd-kritische systemen zoals communicatie apparatuur, zijn software-implementaties voordelig vanwege hun flexibiliteit en het feit dat ze nauw aansluiten bij de operaties die uitgevoerd moeten worden. Er bestaan over het algemeen echter strenge eisen t.a.v. het tijdgebruik die een dergelijke implementatie uitsluiten. Een logische oplossing is dan het verplaatsen van tijd-kritische functionaliteit van software naar hardware; dit leidt tot een zgn. "embedded system". Om een efficiënte implementatie mogelijk te maken moeten de software en hardware delen echter naadloos samenwerken. Dit betekent dat er een "processor framework" moet worden toegepast dat configureerbaar is met zowel standaard als toepassingsspecifieke functionaliteit. Een goed voorbeeld van een dergelijk "processor framework" is de "transport triggered architecture". Nu zowel het (communicatie) systeem als het implementatieconcept bekend is, gaan andere implementatie-aspecten een rol spelen. Standaard implementaties zijn gezien de beschikbare middelen niet mogelijk. ``Slimme oplossingen'' waarbij een reductie in complexiteit samengaat met een acceptabel verlies moeten daarom gevonden worden. Voor de basisbandbewerkingen in WISSCE wordt dit toegelicht aan de hand van een datadetectie en synchronisatie algoritme. Simulatie resultaten laten zien dat het toepassen van deze algoritmes verantwoord is.

Simulaties zijn noodzakelijk om de werking van een systeem te controleren, ze kunnen echter ook voor een ander doel gebruikt worden. Het ``programma'', bijvoorbeeld geschreven in ``C'', kan samen met eisen t.a.v. tijd- en oppervlakte-gebruik en informatie betreffende implementatie alternatieven gebruikt worden als invoer voor de ontwerpstap waarin het systeem in hardware en software componenten wordt verdeeld, de zgn. "hardware/software partitioning". Om snel alle ontwerpmogelijkheden af te zoeken is het gebruik van automatische gereedschappen onontbeerlijk. We laten zien hoe het programma HSpart kan worden toegepast om de basisbandbewerkingen van WISSCE te verdelen over hardware en software. Het laatste deel van het

ontwerp is het afbeelden van de hardware en software delen op de "transport triggered architecture". Voor WISSCE bleek dat er een vijftal speciale "functional units" benodigd waren. Na het specificeren van zowel het ``standaard'' en het toepassingsspecifieke deel van de processor, wordt hun onderlinge samenwerking gecontroleerd d.m.v. co-simulatie. Het simulatie-programma PTOLEMY is voor dit doel uitgebreid. Na bevredigende simulatie-resultaten kan de processor op ``echte'' hardware worden gerealiseerd. We concluderen dat de embedded system ontwerpmethodologie voldoet voor systemen zoals beschreven in dit proefschrift. De beschikbare middelen zijn voldoende en de "transport triggered architecture" beschikt over voldoende flexibiliteit om alle gewenste specifieke hardware toe te kunnen voegen.

* * *

DMOS TRANSISTOR DOPE PROFILING AND TRANSIENT ENHANCED BORON DIFFUSION EXPERIMENTS

H.G.A. Huizing
16 december 1996
Promotoren: prof. dr. ir. J.W. Slotboom en prof. dr. M. Kleefstra

In dit proefschrift is de gelijktijdige optimalisatie van een verticale dubbel-gediffundeerde "power MOS" (VDMOS) en NPN transistor bestudeerd. Beide componenten zijn gefabriceerd met dezelfde processtappen hetgeen de optimalisatie ervan compliceert. Het probleem eist een twee-dimensionale aanpak omdat de linebreak VDMOS transistor gemaakt wordt door lateraal uitdiffunderende doping profielen. Vanwege de onnauwkeurigheid in de modellering van twee-dimensionale doping profielen en grote rekentijden tijdens de optimalisatie, presenteren we in dit proefschrift niet alleen een efficiëntere optimalisatie strategie maar ook een nieuwe methoden om het doping profiel te meten. Bovendien presenteren we nieuwe experimenten om versnelde diffusie van boor tijdens het uitsteken van schade na een ionen implantatie te bepalen. Ondanks de toenemende rekenkracht van computers, verbruiken simulatoren nog steeds aanzienlijk rekentijden en typische twee-dimensionale optimalisaties worden al snel onhandelbaar. Om deze reden hebben we twee optimalisatie methoden samengevoegd, te weten de Response Surface Model (RSM) - en Levenberg Marquardt (LM) methoden. Hiermee zijn efficiënte optimalisaties mogelijk die nauwkeurige minima opleveren met een beperkte hoeveelheid numerieke experimenten. De globale benadering van de RSM-methode wordt gebruikt om de gevoelige parameters te bepalen en om initiële oplossingen te genereren. Echter, de RSMmethode vertrouwt op benaderende analytische modellen die niet noodzakelijkerwijs voldoende nauwkeurig zijn. In plaats van deze modellen te verbeteren, stellen we voor om vervolgens over te stappen op de LM-methode, die gebruik maakt van gradienten en niet vertrouwt op benaderende modellen. Op deze wijze wordt de RSM-methode in essentie gebruikt om *a priori* informatie te verzamelen voor een efficiënte LM-iteratie. De nauwkeurigheid van de optimalisatie hangt af van de nauwkeurigheid van de gesimuleerde 2D profielen, welke, in het algemeen, twijfelachtig is. Omdat er geen algemene 2D doping profiel meetmethoden beschikbaar zijn, zijn proces simulatoren niet goed gecalibreerd in twee dimensies. Om de doping profielen in de ~VDMOS transistor te karakteriseren, presenteren we twee niet-destructieve, elektrische, meetmethoden. De eerste methode is gebaseerd op een drempelspanning-formulering en maakt uitsluitend gebruik van CV-metingen ("VT-methode"). Het is een ID-formulering en staat een snelle inspectie toe van laterale doping profielen, waarbij gebruik gemaakt wordt van standaard CV-meetapparatuur. De methode is erg gevoelig en daarom bruikbaar tijdens procesontwikkeling of voor "in-line"-gebruik. De tweede methode is gebaseerd op de meer algemene "inverse modeling" benadering. Hierbij worden niet-lineaire optimalisatie technieken gebruikt om iteratief een geparameteriseerd doping profiel te verbeteren door het verschil tussen metingen en simulaties te minimaliseren. Deze methode is complexer dan de eerste, maar vertrouwt niet op vereenvoudigde benaderingen en is niet beperkt tot één ruimtelijke dimensie. Een algemene tekortkoming echter is dat niet-gemodelleerde kenmerken in de doping profielen niet zichtbaar kunnen worden gemaakt, en de toepasbaarheid is daarom beperkt tot goed begrepen en gemodelleerde fenomenen. Om dit probleem te op te lossen, hebben we spline functies gebruikt om de doping profielen te beschrijven. Spline functies kunnen elke willekeurige, continue, vorm aannemen met een beperkte hoeveelheid parameters, waardoor inverse modellering nog steeds haalbaar is zonder dat excessieve rekentijden nodig zijn.

Gedurende de numerieke optimalisaties vonden we dat de gediffundeerde doping profielen kenmerken

vertoonden die toegeschreven worden aan het uitsteken van implantie-schade, zoals een versnelde diffusie transient ("transient enhanced diffusion", TED). Hoewel van minder belang voor de uiteindelijke verticale VDMOST profielen, zijn TED-effecten een sleutelprobleem geworden bij het activeren van geïmplanteerde profielen in moderne IC-processen. Deze effecten worden niet goed begrepen en gemodelleerd. Daarom zijn implantatie-schade uitstook-experimenten geïnitieerd welke verder werden gemotiveerd door de mogelijkheid om zeer schone silicium epitaxiale lagen, met daarin opgenomen smalle boor-gedoteerde lagen, te groeien met de ASM-Epsilon Chemical Vapour Deposition reacton "Transient enhanced diffusion" wordt geassocieerd met het uitstoken van schade waarvan bekend is dat silicium zelf-interstitiëlen worden ~ge7injecteerd in het substraat. Dit veroorzaakt een tijdelijke oververzadiging van silicium interstitiëlen. Omdat bekend is dat boor voornamelijk diffundeert door interactie met silicium interstitiëlen, wordt de boor-diffusie verhoogd tijdens het uitstoken van de schade. In onze experimenten wordt daarom het schade uitstook proces geregistreerd door het diffusie-gedrag van meerdere boorlagen te meten. De implantatieschade wordt veroorzaakt door silicium zelf-implantaties omdat de hoeveelheid overtallige interstitiëlen dat dan beschouwd moet worden relatief goed bekend is in de literatuur. De resultaten laten een korte maar sterke diffusie transient zien die vooraf gaat aan eerder gerapporteerde TED-regimes. Door de korte uitstooktijden is het mogelijk een ondergrens te bepalen De korte annealtijden laten een berekening toe van de ondergrens bij voor de veel betwiste diffusiecoëfficient van het silicium interstitiëel, bij 700 0C. Bovendien is deactivatie van boor geobserveerd. zowel als gevolg van de silicium implantatie, als tijdens de schade uitstook.

* * *

HIGH PERFORMANCE EXECUTION ENGINES FOR INSTRUCTION LEVEL PARALLEL PROCESSORS

J.E. Phillips
9 januari 1997
Promotoren: prof. dr. S. Vassiliadis

In dit proefschrift, presenteren we high performance execution units geschikt voor instructie-level pipelined parallel processors. Ten eerste, onderzoeken we arithmetic logic unit interlocks in fixed point instruction processing. We tonen aan dat interlocked fixed point operations uitgevoerd kunnen worden in één enkele processor cycle. Deze bevinding suggereert dat de fixed point urtit interlocks, ook wel execution dependencies genaamd, instructie-level parallellisme niet beperken. Meer specifiek, suggereren onze bevindingen dat interlocked instructies parallel uitgevoerd kunnen worden met instructies die interlock genereren. De executie tijd benodigd voor zulk een instructie stroom is gelijk aan de executie tijd die benodigd is voor de instructies die interlock genereren. Op zijn beurt, suggereert dit dat de instructies die interlock genereren effectief verwijderd kunnen worden uit de instructie stroom en uitgevoerd kunnen worden in nul processor cycles, aldus de processor performance verbeterend ten opzichte van eerder bekende schema's. Vervolgens, beschouwen we critical path gerelateerde zaken, en tonen aan dat de generatie van de status kan worden voorspeld voor fixed point interlocked instructies. Gegeven dat de door ons voorgestelde status predictor de critical delay van de unit verslechterd, en omdat we eveneens aantonen dat een interlocked collapsing **unit** meer delay nodig heeft dan een non-interlocking execution unit, kan worden verwacht dat er geen vergroting zal zijn van machine cycles wanneer de voorgestelde unit wordt opgenomen in een execution pipeline stage. In essentie, lost ons schema de voornaamste nadelen op van interlocking voor parallellisme, en verslechterd het de processor cycle time niet. Daarbij behoeft het schema geen speciale opcodes en handhaaft het compatibiliteit, waardoor ons voorstel eenvoudig kan worden aangepast voor bestaande architecturen. Het voorstel kan worden gebruikt voor instructies die optelling en logische operaties nodig hebben. Dat wil zeggen, dat ons schema geschikt is voor CISC, RISC, postRISC en andere commercieel beschikbare architecturen. Teneinde verdere verbetering van de execution pipeline stages van instructie-level parallelle processors te bereiken, stellen we een unit voor, die in staat is een veelheid van instructies uit te voeren. Deze unit kan rotaties, shifts, store argument shifts, en mask operaties voor complexe instructies zoals 'insert characters under mask', 'store characters under mask', en 'compare logical characters under mask' uitvoeren. Het combineren van deze veelheid van instructies in één complexe unit verschaft de mogelijkheid tot reductie van de benodigde hardware voor de executie van een dergelijke klasse van instructies zonder performance verlies. Tenslotte beschrijven we de generatie van de status gebaseerd

op voorspelling, die de delay voor een dergelijke unit verbeterd.

* * *

FUZZY MODELING AND IDENTIFICATION

R. Babuska
14 januari 1997
Promotoren: prof. ir. H.B. Verbruggen en ir. P.M. Bruijn

Het ontwikkelen van mathematische modellen voor systemen is een belangrijk onderwerp in vele wetenschappelijke disciplines. Modellen kunnen gebruikt worden voor simulaties, voor analyse van een bestaand systeem, voor het ontwerp van nieuwe processen en voor proces regeling, monitoring en supervisie. De traditionele "mechanistische" aanpak van modelvorming is gebaseerd op fundamentele kennis van de aard en het gedrag van het te bestuderen systeem. Bovendien is een geschikte wiskundige aanpak nodig, om te komen tot een bruikbaar model. Echter, in de praktijk faalt deze aanpak vaak wanneer complexe, niet volledig begrepen of gedeeltelijk onbekende systemen gemodelleerd moeten worden. Men zoekt dus naar methoden die gebruik kunnen maken van extra informatie, zoals empirisch kennis, heuristieken of ervaring, gecombineerd met numerieke data uit metingen. Menselijke kennis, vaak kwalitatief en onnauwkeurig, is moeilijk te formaliseren en te gebruiken in een conventioneel wiskundig model. Om dit probleem op te lossen zijn zogenoemde "intelligente" methodieken geïntroduceerd, die gebaseerd zijn op ideeën over menselijke intelligentie. Deze technieken maken gebruik van een alternatieve representatie, door de toepassing van natuurlijke taal, semantische netwerken, kwalitatieve modellen, etc. Formele methoden zijn ontwikkeld om deze extra informatie in te bouwen in de te ontwikkelen modellen en regelalgoritmen. Recentelijk is aangetoond dat technieken gebaseerd op vage verzamelingen (fuzzy sets) en vage logica (fuzzy logic) veelbelovend zijn voor het verwerken van verschillende vormen van informatie. Fuzzy modellen zijn logische modellen die gebruik maken van "als-dan" regels en van logische verbindingswoorden om kwalitatieve verbanden tussen de variabelen van het model vast te stellen. Vage verzamelingen kunnen dienen om een aansluiting tussen kwalitatieve en numerieke variabelen van de ingangen en uitgangen van het model te bewerkstelligen. De op regels gebaseerde aard van fuzzy modellen maakt het mogelijk om informatie te gebruiken, die uitgedrukt is in de vorm van natuurlijke taal. Dit maakt de modellen doorzichtig wat betreft interpretatie en analyse. Fuzzy modellen kunnen beschouwd worden als flexibele mathematische structuren, gelijkend op neurale netwerken, die in staat zijn complexe niet-lineaire afbeeldingen te benaderen met een gewenste nauwkeurigheid. Het onderzoek op het gebied van fuzzy modelvorming begon met het werk van Zadeh aan eind van de jaren zestig. Een groot aantal theoretische resultaten is inmiddels verkregen en vele praktische toepassingen zijn gepubliceerd. Recentelijk wordt ook aandacht besteed aan het ontwikkelen van methoden om fuzzy modellen te construeren of aan te passen met behulp van numerieke gegevens. Vele technieken maken gebruik van de functionele overeenkomst tussen fuzzy systemen en neurale netwerken. Neuro-fuzzy leer- en adaptatie-algoritmen, die de parameters van fuzzy modellen met behulp van data schatten en eventueel aanpassen, zijn ontwikkeld. Een nadeel van de meeste neuro-fuzzy modelvormingstechnieken is dat de nauwkeurigheid van de benadering of wel de numerieke prestatie van het model vaak het enige criterium is om de kwaliteit van het model te beoordelen. zonder aandacht te schenken aan de interpreteerbaarheid.

Dit proefschrift behandelt voornamelijk de ontwikkeling van methoden om uit numerieke data zodanige fuzzy modellen te ontwikkelen dat ze gebruikt kunnen worden voor zowel voorspellingsdoeleinden alsook voor het begrijpen en analyseren van de eigenschappen van het systeem waarvan de data afkomstig zijn. Hiertoe, bevat het proefschrift een vergelijkend overzicht van verschillende structuren die worden gebruikt binnen fuzzy modelvorming, waaronder linguïstische modellen, fuzzy relationele modellen en Takagi-Sugeno fuzzy modellen. Een analyse van en een uitbreiding op het inferentie schema in het laatstgenoemde model is gepresenteerd om te komen tot een betere balans tussen de globale numerieke nauwkeurigheid en de geldigheid van de lokale consequent modellen. Vanuit het oogpunt van systeem-identificatie, wordt fuzzy modelvorming in dit proefschrift beschouwd als behorend tot de klasse van lokale modelvormingstechnieken. Deze technieken zijn gebaseerd op de benadering van een complex systeem door een decompositie in eenvoudige deelmodellen. De theorie van vage verzamelingen is een uitstekend instrument

om de onzekerheid, die voortkomt uit deze decompositie, te representeren. Bovendien kunnen de verschillende typen kennis geïntegreerd worden binnen één gemeenschappelijk wiskundig kader. Fuzzy identificatie kan worden beschouwd als een methode om te komen tot een goede decompositie zodat vervolgens een doorzichtige beschrijving van een systeem beschikbaar komt in de vorm van verschillende eenvoudige lokale modellen. Het globale model van het systeem wordt verkregen door fuzzy inferentie. die wiskundig kan worden gezien als een interpolatie techniek. In de methodologie ontwikkeld in dit proefschrift worden fuzzy clustermethoden toegepast om de data in de produktruimte van de regressoren en regressanten te groeperen. Op basis van deze groepering kunnen lokale lineaire modellen per groep afgeleid worden. Door deze clustertechniek kan een verdeling aangebracht worden die in staat is de aanwezige niet-lineariteiten op eenduidige wijze te modelleren door interpolatie van lokale lineaire modellen. Hierbij is geen gedetailleerde kennis van de niet-lineariteit van het te modelleren systeem nodig. Op basis van beschikbare globale data, maakt de clustermethode onderscheid tussen de gebieden waar het gedrag van het systeem door een enkel lineair model kan worden voorgesteld en gebieden waar meerdere lokale modellen nodig zijn vanwege het complexe niet-lineaire gedrag.

Verschillende fuzzy cluster algoritmen kunnen worden gebruikt om de data te groeperen in lineaire deelruimten (deelgebieden). Sommige van deze methoden zijn gebaseerd op lineaire prototypen (fuzzy c-lines, fuzzy c-elliptotypes algoritmen), andere methoden zijn gebaseerd op fuzzy regressie clustering of op het gebruik van een aanpasbare afstandsmaat (Gustafson-Kessel algoritme, fuzzy maximum likelihood methode). In dit proefschrift wordt aangetoond dat het Gustafson-Kessel algoritme het meest geschikt is voor deze decompositie taak. Het algoritme genereert semantisch verklaarbare fuzzy verzamelingen. Bovendien is het algoritme relatief ongevoelig voor de keuze van begincondities en voor het schalen van de data, en is niet beperkt tot clusters die in een meerdimensionale lineaire deelruimte liggen. Verschillende methoden om het juiste aantal clusters uit de data te bepalen zijn onderzocht (validity measures). Daarnaast is een nieuwe "compatible cluster merging" techniek ontwikkeld en uitgewerkt. Startend met een groot aantal clusters, worden geometrisch op elkaar lijkende clusters net zolang samengevoegd totdat aan een bepaald criterium voldaan is. Een belangrijk deel van dit proefschrift behandelt de constructie van fuzzy modellen op basis van de fuzzy clusters die door cluster methoden zijn verkregen. Methoden om de lidmaatschapsfuncties van het antecedent en het consequent deel van het model te construeren zijn ontwikkeld voor linguïstische en relationele fuzzy modellen. Zodra deze lidmaatschapsfuncties bekend zijn, kan de "rule-base" (lijst met regels) in de vorm van fuzzy relaties uit de data worden achterhaald door gebruik te maken van implicatie-operatoren of t-normen. De principiële werking en de wiskundige achtergrond van beide technieken wordt in het proefschrift besproken. De consequent parameters van het Takagi-Sugeno fuzzy model zijn de parameters van de lokale lineaire modellen. Deze kunnen worden geschat met behulp van standaard kleinste kwadraten methoden, maar ook berekend worden op basis van de covariantie matrix van het betreffende cluster. Aangetoond is dat deze laatste methode equivalent is met de "totale kleinste kwadraten" methode.

Een van de belangrijkste aspecten die fuzzy modelvorming onderscheidt van andere niet-lineaire black-box technieken zoals neurale netwerken, is dat fuzzy rule-base modellen in een bepaalde mate transparant zijn met betrekking tot interpretatie en analyse. Echter, als het fuzzy model is verkregen op basis van numerieke (gemeten) data, wordt deze transparantie niet automatisch verkregen. Dit probleem kan optreden door de aanwezigheid van bijna gelijkwaardige lidmaatschapsfuncties, wat het gevolg is van de gebruikte projectietechnieken of optimalisatiemethoden, die worden toegepast om deze lidmaatschapsfuncties te berekenen. Om toch een transparant fuzzy model te verkrijgen is daarom gekeken naar vereenvoudiging van het model en het gebruik van linguïstische benaderingstechnieken die gebaseerd zijn op gelijkheidsmaten (similarity measures). Het systeem wordt daarbij gerepresenteerd op een relevant abstractie niveau en onnodige details worden onderdrukt of verwijderd. Op deze manier kan een afgewogen evenwicht worden bereikt tussen de numerieke nauwkeurigheid en de transparantie van het model. Het proefschrift beschrijft niet alleen het construeren van fuzzy modellen maar ook het gebruik van deze modellen bij de regeling van niet-lineaire dynamische processen. De nadruk ligt op het gebruik bij model gebaseerd voorspellend regelen (Model-Based Predictive Control, MBPC) en regelen met een intern model (Internal Model Control, IMC) gebaseerd op een geïnverteerd fuzzy model. Een methode om een klasse van fuzzy "singleton"

modellen exact te inverteren is ontwikkeld. Om verstoringen en modelfouten te compenseren kan een invers fuzzy model worden opgenomen in een niet-lineair IMC schema. Deze aanpak blijkt een effectieve oplossing te zijn voor de regeling van stabiele en inverteerbare systemen, waarbij geen begrenzingen van het stuursignaal hoeven worden opgelegd. Een meer algemene aanpak maakt gebruik van fuzzy modellen voor numerieke voorspellingen binnen een model-gebaseerde voorspellende regeling. Omdat fuzzy modellen in het algemeen niet-lineair zijn, moet een niet-convex optimalisatie probleem opgelost worden in elke bemonsteringsperiode. Bestaande iteratieve technieken voor niet-convexe optimalisatie convergeren echter vaak tot een lokale oplossing. Dit kan verslechtering van het regelgedrag veroorzaken. Een oplossing voor dit probleem is het gebruik van een discreet zoek-boom (branch-and-bound) algoritme. Een voordeel van deze methode is dat het globale optimum in de discrete ruimte van de stuuractie altijd wordt bereikt. Een nadeel van deze techniek is dat de benodigde rekentijd sterkt toeneemt met een langere regelhorizon.
Uitgaande van de resultaten in het proefschrift kan geconcludeerd worden dat de methodieken die behandeld zijn een krachtig onderdeel kunnen vormen van een gereedschapkist voor modelvorming, identificatie en regeling van gedeeltelijk onbekende niet-lineaire dynamische systemen. Dit is mede duidelijk geworden door het succesvol toepassen van deze methodieken op verschillende regeltechnische problemen. In het proefschrift zijn drie toepassingen gepresenteerd om de verschillende fuzzy modelvormings- en regeltechnieken te demonstreren en te verduidelijken. Een van deze toepassingen is het gebruik van een linguïstisch model voor het voorspellen van de prestatie van een graafmachine. Hierbij is kennis van experts gecombineerd en gevalideerd met gemeten data. Fuzzy identificatietechnieken voor het ontwikkelen van Takagi-Sugeno, relationele en linguïstische fuzzy modellen zijn toegepast op het modelleren van de druk in een laboratorium fermentor. Ook zijn experimentele resultaten van een voorspellende regelaar gebaseerd op een fuzzy model gepresenteerd. Een hybride aanpak die een mechanistisch model combineert met een fuzzy model is ontwikkeld om een enzymatische omzetting van penicilline G te modelleren. In dit voorbeeld wordt aangetoond dat met de beschreven methode een nauwkeurig voorspellingsmodel verkregen wordt. Daarnaast blijkt een dergelijk model goed kwalitatief te interpreteren.

HYBRID MODELS FOR PARASITIC CAPACITANCES IN ADVANCED VLSI CIRCUITS

E. Nowacka
27 januari 1997
Promotoren: prof. dr. ir. P. Dewilde

De aanwezigheid van parasitaire capaciteiten in geïntegreerde schakelingen (IC's) speelt een steeds belangrijker wordende rol in de prestatie van die schakelingen. Ontwerpers van hedendaagse IC's steunen in belangrijke mate op zogeheten "layout-to-circuit" extractie systemen, die een equivalent elektrisch model opleveren van de layout van het IC inclusief de parasitaire capaciteiten. Door middel van simulaties aan dit model kan de correcte werking van het IC worden geverifieerd, alvorens de zeer kostbare fabricage wordt ondernomen. Tot op heden geldt dat de grensvlak elementen methode (boundary element method, afgekort BEM) en de eindige elementen methode (finite element method, afgekort FEM) dè technieken zijn bij uitstek voor het modelleren van capaciteiten. De BEM is gebaseerd op de aanname dat de diëlektrische structuur van een geïntegreerd circuit kan worden benaderd door een uniforme stratificatie van de diëlektrische lagen aan de onderzijde begrensd door een ideaal geleidend aardingsvlak, waarvan het potentiaal gelijk is aan nul. Verder wordt er van uitgegaan dat de geleiders die zich in zo'n diëlektrische structuur bevinden, allen perfect geleidend zijn en elk een equipotentiaal vormen. De BEM staat het toe om, voor de berekening van de multi-conductor capaciteiten, de elektrostatische potentiaal uit te drukken in termen van integraalvergelijken gebaseerd op de zogeheten Green'se functie. De BEM kan echter alleen worden gebruikt als de Green'se functie berekend kan worden, wat slechts realistisch is als de stratificatie van de diëlektrische lagen perfect is. Zodra de structuur van het IC onregelmatig is verliest deze methode veel van zijn nut. Men moet zich dan richten op de FEM, die de differentiaalvergelijkingen op een lokale en directe wijze oplost voor een relatief klein en begrensd gebied. Echter, het toepassen van de FEM op de gehele layout van het IC resulteert in een extreem groot systeem van lineaire vergelijkingen. Tevens is het zo dat de FEM, in vergelijking tot de BEM, de effecten van het elektrische veld in het oneindige niet goed aankan. In dit proefschrift stellen wij een hybride elementen methode (hybrid element method, afgekort HEM) voor die geschikt is om

overweg te kunnen met verstoringen van of onregelmatigheden in de diëlektrische stratificatie. De hoofdgedachte achter onze methode is een combinatie van beide methodes te vormen, waarin de BEM wordt toegepast in de regelmatige gebieden van de layout, en de FEM slechts wordt toegepast in de lokale, begrensde gebieden waarin de onregelmatigheden zich bevinden. Het gebruik van de BEM of FEM om vanuit de layout tot het capaciteitsmodel te komen is welbekend, en wordt in de Hoofdstukken 2 en 3 aan de orde gebracht.

Het modelleringsprobleem dat wij in dit proefschrift als hoofdzaak behandelen is de koppeling tussen de capaciteitsmodellen die door de beide methodes (BEM en FEM) worden geleverd. In de literatuur kan men een aantal andere voorstellen vinden voor hybride methodes gebaseerd op de FEM en BEM. Echter, deze richten zich op het oplossen van bepaalde veldproblemen en leveren geen werkbaar fysisch model van de schakeling op, wat onze doelstelling is. Ons voorstel voor het model van de koppeling in het scheidingsvlak tussen de gebieden die door beide methodes worden gemodelleerd, is dat van een gegeneraliseerde ideale transformator. In Hoofdstuk 4 geven wij een afleiding hiervoor, met als resultaat dat het model voor de gehele schakeling dat is van een verliesvrij systeem van capaciteiten en ideale transformatoren. Deze transformatoren laten zich vervolgens elimineren, wat leidt tot een puur capacitief model. De belangrijkste van deze capaciteiten kunnen in beschouwing worden genomen voor verdere analyse en/of herontwerp van het IC. In Hoofdstuk 5 beschouwen we de convergentie van de voorgestelde hybride methode. Hierin tonen wij aan dat de energie die gerelateerd is aan de discontinuïteit van het veld in het scheidingsvlak verwaarloosbaar klein is ten opzichte van de totale energie, en dat deze tevens kwadratisch kleiner wordt met het verfijnen van de discretisatie. De hybride methode is gevalideerd en getest voor een aantal eenvoudige benchmarks met gelaagde media, in zowel twee als in drie dimensies. In Hoofdstuk 6 presenteren wij de resultaten van praktische experimenten die de theoretisch goede convergentie eigenschappen bevestigen. Vergelijking van de resultaten van de HEM met die van de andere methoden toont aan dat de hybride methode superieur is. In Hoofdstuk 7 overwegen wij mogelijke uitbreidingen en toepassingen van de HEM op andere problemen dan het modelleren van capaciteiten. In Hoofdstuk 8 tonen wij een prototype implementatie van de HEM die eenvoudige geometriën aankan. Als laatste bespreken wij hoe deze methode optimaal kan worden opgenomen binnen een modern layout-to-circuit extractie pakket zoals Space.

* * *

INTEGRATED DESIGN OF A MAN-MACHINE INTERFACE FOR 4-D NAVIGATION

E. Theunissen
4 februari 1997
Promotoren: prof. dr. ir. D. van Willigen en prof. dr. ir H.G. Stassen

Door het toenemende aantal luchtreizigers en ten gevolge hiervan het groter aantal benodigde vliegtuigen, beginnen er knelpunten te ontstaan in de capaciteit van het beschikbare luchtruim. Hierdoor wordt een limiet bereikt waarna een verdere toename van het aantal vliegtuigen tot onacceptabele vertragingen zal leiden. De capaciteitsproblemen zullen zich voornamelijk in de omgeving van luchthavens gaan afspelen, zodat ook daar naar een oplossing moet worden gezocht. De basisgedachte is om af te stappen van de huidige naderingsprocedures, waarbij vliegtuigen worden gedwongen om al ver voor de baan een rechte weg te volgen. Met de huidige stand van de techniek is het mogelijk om vliegtuigen op van te voren bepaalde lokaties op deze rechte weg te laten invoegen via een gekromde nadering. Hierdoor krijgt de luchtverkeersleiding meer opties om het luchtverkeer te begeleiden, waardoor de mogelijkheid ontstaat om de beschikbare capaciteit te vergroten. Bijkomend voordeel is dat het mogelijk wordt delen van de weg die over woongebieden gaan te ontzien, waardoor de geluidshinder wordt beperkt. Dit concept gaat echter gepaard met een grotere mentale belasting voor de vlieger. In tegenstelling tot het huidige rechte naderingstraject, zal hij in de toekomst gekromde naderingen moeten vliegen. Doordat het vliegtuig tijdens dit deel van de vlucht relatief vaak van richting zal veranderen, is het moeilijker om het juiste oriëntatiegevoel te behouden. Dit vereist meer inspanning, omdat de vlieger het navigatiedisplay vaker moet raadplegen. Gezien de reeds hoge werkbelasting van de vlieger tijdens de nadering, zal de introductie van complexere naderingsroutes de veiligheid verlagen. Door de vlieger van informatie te voorzien die hem in staat stelt de vliegtaak even eenvoudig als, of zelfs eenvoudiger dan voorheen uit te kunnen voeren,

terwijl tegelijkertijd zijn oriëntatiegevoel op pijl blijft zonder het raadplegen van extra displays, is het mogelijk dergelijke complexe naderingen uit te voeren, zonder dat de veiligheid afneemt.

Het doel van het onderzoek was het verbeteren van de veiligheid door meer gebruik te maken van de flexibiliteit in datapresentatie die programmeerbare displaysystemen bieden. Hiertoe is een analyse verricht naar mogelijkheden om de mentale belasting van de vlieger tijdens de navigatie taak te verlagen door de datapresentatie te verbeteren. Uit deze analyse en resultaten van eerder onderzoek blijkt dat displays die een ruimtelijke voorstelling van het te volgen traject presenteren - zogenaamde perspective flightpath displays-, voordelen hebben ten opzichte van de huidige displays. Hierdoor kan de complexiteit van de te vliegen routes worden verhoogd zonder dat aan veiligheid wordt ingeboet. Deze voordelen ontstaan doordat de vlieger zelf minder informatie hoeft te integreren en de natuurlijke presentatie de interpretatie en evaluatie vereenvoudigt. Tevens bleek, dat gedetailleerde richtlijnen voor het ontwerpen van dit soort displays, waarbij rekening wordt gehouden met de specifieke eigenschappen van de mens met betrekking tot het waarnemingsproces (perceptie), het interpretatie- en evaluatieproces (cognitie), en het genereren van stuuracties (regeltheorie), schaars zijn. Dit resulteert voor de ontwerper in talloze hoe en waarom vragen betreffende de specificatie van een display voor de navigatie en besturing van een vliegtuig. Het maakt het totale proces onoverzichtelijk, en kan leiden tot het over het hoofd zien van belangrijke aspecten.

Om hierin verandering te brengen, is onderzocht hoe bij het beantwoorden van ontwerpvragen gebruik kan worden gemaakt van bestaande kennis op het gebied van perceptie, cognitie, en systeemtheorie. Er is gekozen om de specifieke ontwerpvragen om te zetten in vragen, die vanuit de voorgaande domeinen kunnen worden beantwoord. Hiertoe is de informatie-inhoud van de presentatie beschreven door een relatie af te leiden tussen positie- en oriëntatiefouten van het vliegtuig en de resulterende veranderingen in de positie en oriëntatie van het perspectivisch gepresenteerde traject. Vervolgens is onderzocht hoe de verschillende ontwerpaspecten deze relatie beïnvloeden, wat de gevolgen zijn voor de verwerking van de data tot zinvolle informatie en hoe bruikbaar de informatie is voor het toepassen van een bepaalde stuurstrategie. Op basis van deze analyse zijn richtlijnen voor het specificeren van een perspective flightpath display afgeleid. Om bepaalde ontwerpvragen in meer detail te kunnen onderzoeken, is het concept geïmplementeerd met de mogelijkheid om de verschillende ontwerpaspecten te kunnen variëren. Deze implementatie is gebruikt voor het verkrijgen van feedback van beroepsvliegers, het uitvoeren van pilot-in-the- loop studies in een vluchtsimulator, en het testen van het concept in de werkelijke vlucht.

* * *

INTEGRATED RESONANT MAGNETIC FIELD SENSOR

Z. Kádár
17 februari 1997
Promotoren: prof. dr. ir. S. Middelhoek en dr. ir. A. Bossche

In dit proefschrift wordt het ontwerp en de realisatie van een, op een bulk-micromachined resonator gebaseerde, magnetisch veld sensor geïntroduceerd. Deze pagina's vatten de inhoud van dit proefschrift samen in het Nederlands.

Hoofdstuk 1
Daar er veel verschillende meetprincipes voor magnetische velden bestaan geeft dit onderdeel een kort overzicht van dit gebied. Het hoofdstuk begint met het overzicht van de conventionele magnetisch veld sensoren en daarna wordt gefocusseerd op de geïntegreerde sensoren, vooral op de Hall plaat. Het tweede deel geeft enige voorbeelden van resonerende silicium sensoren uit de vakliteratuur. Tot slot wordt de enige eerder gepubliceerde resonerende magnetisch veld sensor geïntroduceerd.

Hoofdstuk 2
Hier wordt het werkingsprincipe van de sensor uitgelegd en wordt over basiskwesties, zoals de selectie van het resonator materiaal, de voordelen van een gebalanceerde torsionele resonator, de optimale afmetingen van de plaat en de ophangingen, en het ontwerp van de excitatie spoel gediscusseerd. Er wordt een overzicht gegeven van de mogelijke detectie en terugkoppel methoden. Daarna wordt de capacitieve methode nader bestudeerd.

Hoofdstuk 3
Dit hoofdstuk behandelt analytische methoden om de basisparameters van mechanische resonatoren, zoals de trillingsfrequentie en de harmonische respons, te berekenen. De discussie begint met een algemene

beschouwing van resonatoren met één vrijheidsgraad, en concentreert zich vervolgens op torsionele resonatoren. Vervolgens worden de gevoeligheid en de lineariteitsfout van de sensor in open- en gesloten-lus configuratie bepaald. Tenslotte wordt een nieuwe en verbeterde berekeningsmethode gegeven om de kwaliteitsfactor te bepalen in het geval de moleculaire luchtdemping dominant is.

Hoofdstuk 4
Het gecombineerde bipolaire en buik-micromachining proces, dat voor de realisatie van de sensor is gebruikt, wordt in dit hoofdstuk beschreven. Het eerste deel gaat over de produktie van de silicium wafer en wordt gevolgd door de fabricage van de glas wafers. De bedrijfszekerheid van de elektrische contacten tussen de glasplaat en de Si wafer wordt nauwkeurig geanalyseerd. Tot slot wordt het glas-silicium anodisch bond proces beschreven en worden de mogelijke assemblage technieken voor een vacuum behuizing besproken.

Hoofdstuk 5:
Met behulp van het eindige elementen simulatie programma ANSYS zijn statische, modale, harmonische en thermische simulaties uitgevoerd op de resonator. Er wordt een transformatiemethode gepresenteerd, waarmee de simulatie van de viscose luchtdemping mogelijk wordt gemaakt door middel van het oplossen van een equivalent thermisch probleem. Met behulp van simulaties is tevens de optimale bondtemperatuur bepaald, waarbij de thermo-mechanische buiging van de resonator minimaal is.

Hoofdstuk 6:
In dit hoofdstuk wordt het ontwerp en de simulatie van de hoofdblokken van de sensor-elektronica, de ladingsversterker, de synchrone detector en de terugkoppelversterker besproken. Er wordt een elektrisch model (inclusief parasitaire elementen) van de resonator gemaakt en verbonden met de modellen van de schakelingen. Op die manier is een compleet elektrische simulatie van het sensor systeem gemaakt.

Hoofdstuk 7:
De resultaten van de metingen, die op de afzonderlijke schakelingen, de resonator en op het complete sensor systeem in open- en gesloten-lus configuratie zijn uitgevoerd, worden in dit hoofdstuk besproken. Waar mogelijk is de gemeten data en parameters vergeleken met de gesimuleerde en/of berekende resultaten en worden eventuele verschillen verklaard.

VARIABLE BIT RATE COMPRESSED VIDEO

P.J. van der Meer
3 maart 1997
Promotoren: prof. dr. ir. J. Biemond

Gedurende de laatste decennia is er een grote variëteit in informatie-diensten ontstaan. In het verleden gebruikte elk van deze diensten een voor die dienst veelal specifiek medium voor transmissie of opslag, zoals het telefonie netwerk en het kabel TV netwerk. Echter, vanwege de geleidelijke verandering van analoge naar digitale representatie van de informatie worden bestaande, analoge media gebruikt voor de transmissie en opslag van nieuwe, digitale diensten. Verder ontstaan er nieuwe digitale media waarop verschillende digitale diensten verzonden en opgeslagen kunnen worden. De situatie ontstaat dat de beschikbare bandbreedte zo efficiënt mogelijk verdeeld moet worden tussen verschillende diensten. De robuustheid van gedigitaliseerde informatie heeft als nadeel dat veel meer bandbreedte nodig is voor de transmissie en opslag hiervan in vergelijking met de originele analoge signalen. Met name in het geval van digitale videosignalen kan door middel van compressie dit effect tenietgedaan worden. Met compressie hebben digitale videosignalen juist minder bandbreedte nodig dan analoge videosignalen. Op het gebied van videocompressie voor transmissie en opslag is er een vraag-en-aanbod-interactie tussen een tweetal onderzoeksgebieden, te weten de tele-communicatie en de digitale signaalbewerking: Aan de ene kant levert de telecommunicatiewereld de bandbreedte die aan de andere kant door de digitale signaalbewerkingswereld zo efficiënt mogelijk gebruikt wordt. Een betere verdeling van de bandbreedte zou echter bereikt kunnen worden indien de beide werelden wat meer zouden samenwerken. Vanwege de specifieke eigenschappen van traditionele telecommunicatiekanalen zijn de meeste video-compressiealgoritmen ontworpen om een digitale bitstroom met een constante bandbreedte (ofwel constante bit capaciteit, in het Engels Constant Bit Rate, CBR) af te leveren. Vanwege de variërende hoeveelheid activiteit in de video zal de kwaliteit van het gecomprimeerde videosignaal dan echter ook variëren. Omdat een menselijke waarnemer de kwaliteit zal beoordelen aan de hand van de kwalitatief slechtste delen, comprimeren CBR algoritmen de video nooit optimaal. Door een variabele bit capaciteit (Variable Bit Rate, VBR) te ondersteunen, wordt optimale compressie met een

constante kwaliteit mogelijk. Dit proefschrift beschrijft diverse aspecten van VBR gecomprimeerde video in relatie tot verschillende transmissie- en opslagmedia. Het laat zien hoe VBR video bitstromen geschikt gemaakt kunnen worden voor een CBR telecommunicatiekanaal, zodat voordeel behaald kan worden uit de hoge compressie van VBR video.

Het concept van VBR videocompressie verschilt van dat van CBR videocompressie. Bij CBR compressie wordt de kwaliteit geoptimaliseerd door de beschikbare bits zo goed mogelijk tussen de verschillende beelden en delen van beelden te verdelen. Bij VBR compressie wordt de compressie geoptimaliseerd, waarbij ervoor gezorgd dient te worden dat de door de compressie geïntroduceerde vervorming onder normale kijkomstandigheden niet waargenomen wordt. Om dit te doen dient de niet-lineaire relatie tussen vervorming en kwaliteit bestudeerd te worden. Elke videocompressietechniek kan parameters zo instellen, dat de vervorming de zichtbaarheidsdrempel niet overschrijdt. Ook in MPEG kunnen de kwantisatie-schaalfactor en weegmatrices met dit doel bepaald worden. De compressie kan echter verder verbeterd worden door gebruik te maken van het effect dat vervorming vaak gemaskeerd wordt door de beeldinhoud. Het is daardoor mogelijk om zo'n 20 % meer compressie te verkrijgen zonder dat de extra vervorming waargenomen wordt. De lage gemiddeld benodigde bandbreedte van VBR gecomprimeerde video is voordelig indien de video opgenomen wordt op een willekeurig toegankelijk medium (Random Accessible Memory, RAM) zoals een optische schijf (CD, DVD). Als de opslagapparatuur echter niet willekeurig toegankelijk is, of indien de video verzonden dient te worden, is er een conversie van de VBR bitstroom naar een CBR bitstroom nodig. Dit kan bereikt worden door opvulling van de bitstroom met loze bits, of door meerdere VBR bitstromen te multiplexen met aanvullende opvulling om één enkele CBR bitstroom te vormen. In het laatste geval kan voordeel behaald worden uit de lage gemiddelde bandbreedte van de VBR bitstromen indien de bandbreedte van de resulterende CBR bitstroom lager is dan de som van de piek bandbreedtes van de individuele VBR bitstromen. In dat geval bestaat er echter ook de kans dat op een bepaald moment de capaciteit van de resulterende CBR bitstroom niet toereikend is om alle informatie uit de VBR bitstromen te verzenden, zodat een verlies van informatie ontstaat. Vandaar dat er altijd een afweging gemaakt dient te worden tussen de bezettingsgraad van het CBR kanaal en de kans op informatieverlies. Het multiplexen van verschillende VBR bronnen op een CBR kanaal kan uitgevoerd worden door het netwerk zelf of, indien het beoogde netwerk dit niet ondersteunt, door een multiplexer in de koppeling met het netwerk. In beide gevallen dient de multiplexer voor iedere bron bandbreedte te reserveren zodat een zekere maximale kans op informatieverlies kan worden gegarandeerd terwijl een hoge bezettingsgraad van het kanaal wordt bereikt. Deze gereserveerde bandbreedte zal hoger zijn dan de te verwachten gemiddelde bandbreedte van de VBR bron, maar lager dan de piekbandbreedte. Om dit te doen dient de bron het te genereren verkeer dus te beschrijven aan de hand van een aantal parameters, zoals de te verwachten piek en gemiddelde bandbreedte. De multiplexer heeft dan ook de mogelijkheid om te controleren of het verkeer ook daadwerkelijk aan deze parameters voldoet. Ook de compressor zal rekening moeten houden met de karakteristieken van het gegenereerde verkeer. Met behulp van parameter controlerende functies zal hij de kwaliteit moeten aanpassen indien te veel bits gegenereerd worden. Een goede beschrijving van het verkeer is dus van essentieel belang om teveel kwaliteitsverlies te voorkomen en een hoge bezettingsgraad van het kanaal te bereiken.

Om het verkeer van een VBR videobron nauwkeurig te beschrijven, is er behalve de piek en gemiddelde bandbreedte ook een parameter nodig die de fluctuaties in de bitstroom beschrijft. Het blijkt dat de grootte van deze zogenaamde burstiness-parameter in hoge mate bepaald wordt door de gebruikte algoritmen in de koppeling tussen de video-compressieapparatuur en het netwerk. Door in deze koppeling de bitstroom te effenen kan de burstiness gereduceerd worden, zodat het VBR verkeer aanzienlijk beter voorspeld kan worden. Het resultaat van multiplexen kan beschreven worden aan de hand van de kans op het verlies van informatie bij een bepaalde bezettingsgraad. Het blijkt dat deze kans afhangt van de karakteristieken van het verkeer. Om deze karakteristieken te voorspellen zijn vele complexe modellen van VBR video bitstromen in de literatuur te vinden. Dit proefschrift laat echter zien dat het VBR verkeer, wanneer het geëffend is, het gedrag van de activiteit in de video weerspiegelt. Om het resultaat van het multiplexen van geëffende VBR videobronnen, dat sterk verbeterd is ten opzichte van niet geëffende bronnen, te voorspellen, dienen dus modellen van de inhoud van de te comprimeren videobronnen beschikbaar te zijn. Indien VBR

bronnen verzonden of opgeslagen worden met behulp van statistische multiplexing, zal er altijd een kans op verlies van informatie aanwezig zijn. Een verhulling van deze verliezen is daarom noodzakelijk zodat het kwaliteitsverlies beperkt blijft. Dit is mogelijk door gelaagde compressie toe te passen, waarbij de data gegenereerd door een VBR videobron gesplitst. De meest vitale informatie wordt dan verzonden in een apart CBR kanaal met lage bandbreedte. Hierdoor wordt een goede verhulling van informatieverlies bereikt ten koste van een zeer kleine inefficiëntie « 1%). De technieken die in dit proefschrift beschreven staan hebben geleid tot de beschrijving van een gelaagde VBR MPEG referentie-compressor met parameter controlerende functies en een effeningsalgoritme in de koppeling met het transmissie- of opslagmedium. Het door deze encoder gegenereerde verkeer heeft een lage burstiness en een lage gemiddelde bandbreedte, terwijl de piekbandbreedte in de orde ligt van de bandbreedte van een CBR bron die een vergelijkbare kwaliteit videosignaal genereert. Voordeel van de lage gemiddelde bandbreedte kan behaald worden op een willekeurig toegankelijk opslag medium of door verschillende bronnen te multiplexen voor verzending of opslag op een CBR medium. Een hoge bezettingsgraad van het CBR kanaal kan bereikt worden vanwege de lage burstiness en de daardoor ontstane voorspelbaarheid van het verkeer.

* * *

MODELS AND ALGORITHMS FOR AUTOMATIC RELIABILITY ASSESSMENT OF COMPLEX SYSTEMS

G. Kócza
3 maart 1997
Promotoren: prof. dr. ir. J.H. Huijsing en dr. ir. A. Bossche

Het doel van het in dit proefschrift beschreven onderzoek was enerzijds het ontwikkelen van foutpropagatie modellen waarmee hiërarchisch gestructureerde bedrijfszekerheidsmodellen van complexe systemen opgesteld kunnen worden, en anderzijds het ontwikkelen van algoritmen voor automatische faalboom en cause-consequence-diagram constructie ten behoeve van bedrijfszekerheidsanalyse van zulke systemen. De resultaten van dit onderzoek zijn gebruikt in een door de Europese Gemeenschap gesponsord Brite/Euram project dat de mogelijkheid bood voor praktische applicatie van de onderzoeksresultaten. In het kader van dit project zijn de ontwikkelde modellen en algoritmen geïmplementeerd in een prototype software pakket: Integrated Reliability Analysis System (IRAS). In Hoofdstuk 1 wordt een korte algemene introductie gegeven teneinde het beschreven onderzoek in het juiste perspectief te plaatsen. In het bijzonder wordt hier aandacht besteed aan hiërarchisch modelleren van een systeem vanuit bedrijfszekerheidsoogpunt, gevolgd door een overzicht van verschillende bedrijfszekerheids-analysemethoden. De mogelijke toepassingen van de ontwikkelde foutpropagatiemodellen en algoritmen voor Failure Mode Effect en Criticality Analysis (FMECA), Real Time Fault Location (RTFL) en Fault Tree Analysis (FTA) worden hier ook beschreven. Bestaande automatische faalboom-synthese-methoden worden vergeleken met de in dit proefschrift beschreven methode. Aan het eind van het hoofdstuk wordt tevens een kort overzicht gegeven van het Brite/Euram 4250 project. In het tweede hoofdstuk wordt een uitgebreide omschrijving gegeven van de ontwikkelde, en in het IRAS project gebruikte, foutpropagatiemodellen en modellerings-procedure die de basis vormen voor de automatische faalboom en cause-consequence-diagram constructie. De hier geïntroduceerde modellen zijn in staat om initiatie en (bi-directionele) propagatie van fouten en afwijkingen in componenten en systemen te beschrijven. De modellen kunnen ook het onderscheid in foutpropagatie-eigenschappen voor verschillende operationele omstandigheden weergeven. Hoofdstuk 3 beschrijft hoe, vanuit de ontwikkelde modellen, een Causal Tree automatisch gegenereerd kan worden als een tussenstap in het Fault Tree generatie proces. Allereerst wordt de algemene boomstructuur geïntroduceerd, die gebruikt wordt voor alle in dit proefschrift beschreven gebeurtenisbomen; de Causal Tree, de Fault Tree en het Cause Consequence Diagram. Vervolgens worden de specifieke delen van de Causal Tree structuur als aanvulling op de algemene boomstructuur beschreven. Tenslotte wordt het algoritme voor automatische Causal Tree generatie op basis van de eerder beschreven modellen geïntroduceerd, inclusief de speciale verwerking van compenserende acties van Feed Back en Feed Forward lussen.

De conversiemethode om een Causal Tree om te zetten in een Fault Tree wordt beschreven in Hoofdstuk 4. Het hoofdstuk begint met een

beschrijving van de specifieke Fault Tree structuur, gevolgd door het vertalingsalgoritme. Het tweede deel van het hoofdstuk beschrijft een, op het FusselVesely algoritme gebaseerde, methode om de minimale sneden (Cuts) van een faalboom te vinden, ook als deze 'inverter' poorten bevat. De Cut Set structuur en het generatie algoritme worden uitgebreid beschreven, inclusief de berekeningsmethoden voor de kans en frequentie van de topgebeurtenis. Hoofdstuk 5 presenteert een methode voor automatische synthese van Cause Consequence Diagrammen. Eerst wordt de CCD structuur geïntroduceerd, gevolgd door het synthese algoritme. Speciale aandacht wordt daarbij gegeven aan het opsporen en verwerken van 'Feed Back loops' tijdens het generatieproces. Aan het eind van het hoofdstuk wordt een mogelijke toepassing van het CCD constructie algoritme geschetst voor 'on-line' voorspellen van de verdere voortplanting en de uiteindelijke gevolgen van, in een systeem ontdekte, afwijkingen. Teneinde een inzicht te geven in de mogelijke toepassing van de ontwikkelde modellen en algoritmen wordt in dit hoofdstuk de in het IRAS project ontwikkelde prototype software beschreven. Allereerst wordt de modulaire structuur van de IRAS software beschreven, inclusief de communicatie tussen de verschillende modules. Om een indruk te geven van het gebruik van de software en de wijze waarop de modellen zijn geïmplementeerd wordt de Model Builde module uitgebreid behandeld. Daarnaast worden de functies van de Tree Generator, RTFL en FMECA modules kort beschreven. Als voorbeeld van het praktisch gebruik van de ontwikkelde methoden en software en om de bruikbaarheid te demonstreren voor bedrijfs-zekerheidsanalyse van complexe industriële systemen beschrijft dit hoofdstuk de toepassing op een praktisch systeem: een staal wals. Allereerst wordt een globale beschrijving van het systeem gegeven gevolgd door enkele voorbeeldmodellen van het systeem, subsystemen en componenten. Tenslotte worden enkele voorbeelden van gegenereerde faalbomen en cause-consequence-diagrammen getoond.

* * *

A DEXTEROUS TELEOPERATOR FOR HAZARDOUS ENVIRONMENTS

A.C. van der Ham
10 maart 1997

Promotoren: prof. ir. G. Honders en dr. ir W. Jongkind

Als deel van het Teleman Programma, heeft de Technische Universiteit Delft geparticipeerd in het Handyman project. Het resultaat van het Handyman project is een behendige grijper die is gemaakt voor gebruik in gevaarlijke omgevingen zoals in kerncentrales. De grijper heeft 3 vingers en een actieve palm die gebruikt kan worden voor machinale werkzaamheden en heeft een totaal van 11 vrijheidsgraden. De grijper wordt verbonden met en robotarm om reparaties en onderhoudstaken te kunnen doen. Het gehele systeem kan automatisch worden bestuurd, alhoewel het niet altijd voorgeprogrammeerd kan worden om taken te doen als er onverwachte gebeurtenissen zoals ongelukken plaats vinden. Dan moet het gehele systeem met de hand worden bediend. Het doel van dit onderzoek is om een systeem te ontwikkelen waarmee een operator een dergelijk gecompliceerd systeem op een natuurlijke manier manueel kan besturen. Om een dergelijk gecompliceerd systeem te besturen is een speciale handschoen ontworpen waarmij hij/zij de drie vingers van de handschoen kan bewegen. De handschoen verzorgt de operator ook met een krachtterugmelding zodat de operator zich als het ware op afstand aanwezig voelt. Het gehele mens-machine systeem bestaat uit de handschoen die aan een robotarm is bevestigd en een besturingspaneel. Hiermee kan een telemanipulatie systeem worden bestuurd met ten minste 17 vrijheidsgraden. De meester robot arm en de handschoen wijken kinematisch af van de telemanipulator. De koppeling van de verschillende vrijheidsgraden gebeurt voor de robot armen in het cartesische domein en voor de hand en de handschoen direct op voor elke vinger apart. De rotaties van de vingers en de actieve palm worden met een besturingspaneel beschikbaar gesteld aan de operator. Hierdoor is de koppeling zodanig ontworpen dat de operator maximaal controle heeft over de telemanipulator. De handschoen is zo ontworpen, dat deze een aantal verschillende handen past. De mechanische handschoen wordt hydraulisch aangestuurd om krachten die bij de grijper optreden natuurgetrouw aan de operator door te geven. De handschoen en de sensoren zijn door de mechanische werkplaats van Elektrotechniek gefabriceerd. De kleine onderdelen, nodig voor de constructie, zijn niet commercieel verkrijgbaar en zijn hiermee een nieuwe ontwikkeling speciaal voor dit doel. De algoritmen die 1:1 bilaterale uitwisseling van kracht en positie

mogelijk maken, ook met tijd vertraging, zijn gebaseerd of een compliantie regeling met versterkingsadaptatie. Om een Cartesische koppeling te kunnen maken tussen de meester en slaaf, is een speciaal algoritme ontwikkeld dat met kinematisch redundante manipulatoren rekening houdt en de redundantie gebruikt om singulariteiten op te lossen in de inverse kinematica. Voor alle algoritmen geldt dat de robuustheid het belangrijkste aspect is. Het gehele teleoperator systeem wordt door een real time parallel computer systeem bestuurd dat is gebaseerd op de INMOS transputer. De architectuur van het regelsysteem is hierarchisch en bestaat op elk niveau uit een aantal processen. Deze object georiënteerde aanpak maakt het heel eenvoudig om regel algoritmen tussen systemen uit te wisselen en om nieuwe processen in het systeem te integreren. Terwijl de aandacht van het project uitgaat naar gevaarlijke omgevingen op aarde, zijn de resultaten toepasbaar op tele-chirurgie. Het systeem kan ook voor verbindingen tussen de aarde en satellieten worden gebruikt. De experimenten met 2 seconden tijdvertraging, tussen Bologna en Delft over het Internet, geven aan dat de bilaterale regelingen stabiel zijn.

* * *

MONOLITHIC GaAs MICROWAVE TUNEABLE FILTERS FOR INTEGRATED FRONT-ENDS

F.E. van Vliet
10 maart 1997
Promotoren: prof. dr. ir. R.G.F. Baets en J.L. Tauritz

Geïntegreerde afstembare microgolffilters zijn nodig voor geminiaturiseerde ontvangers. Deze ontvangers vinden hun toepassing in bijvoorbeeld satellietcommunicatiesystemen en radarsystemen. In beide gevallen is het volume en de massa van het filter, alsook de prijs en de betrouwbaarheid, erg belangrijk. En geïntegreerde filters zijn klein, licht en betrouwbaar. Bij een voldoende produktiegrootte is ook de prijs laag. Onder meer vanwege de verliesvrijheid van GaAs en de hoge afsnijfrequentie van transistoren is GaAs gekozen als substraatmateriaal. Het ontwerp van zulke filters levert specifieke problemen op. Op de eerste plaats hebben we te maken met microgolffrequenties, zodat gedistribueerde effecten (al dan niet gewenst) een grote rol spelen. Op de tweede plaats zijn er maar weinig topologiën bekend waarmee geïntegreerde afstembare microgolffilters kunnen worden gemaakt. En tenslotte hebben de geïntegreerde componenten veel parasieten. Een goede modellering van de componenten is dan ook van groot belang en in hoofdstuk 2 wordt besproken welke componenten we tot onze beschikking hebben en hoe we ze modelleren. De afstembaarheid van de filters wordt bereikt door de introductie van variabele capaciteiten. In hoofdstuk 3 ontwikkelen we de microgolf actieve spoel. Deze schakeling heeft over een bepaald frequentiebereik een inductieve impedantie met een hoge kwaliteitsfactor en zal later in het proefschrift in filters toegepast worden. Met de componenten uit hoofdstuk 2 en 3 kunnen passieve en aktieve filters gemaakt worden. In hoofdstuk 4 en 5 bespreken we passieve filters, eerst filters met expliciete gedistribueerde elementen, daarna filters met geconcentreerde elementen. Met deze filters kunnen geen smalbandige filters gerealiseerd worden. De filters hebben een goed ruisgedrag en dynamisch bereik. De optimalisatie van zulke filters wordt besproken, alsook de technologische beperkingen. Gedistribueerde filters kunnen een hogere kwaliteitsfactor halen dan geconcentreerde, maar zijn wel groter. In hoofdstuk 6 en 7 worden aktieve filters besproken. Voor aktieve filters geldt dat nu wel filters met een hoge kwaliteitsfactor ontworpen kunnen worden, maar dat ruisgedrag en groot-signaalgedrag minder goed zijn en dus meer aandacht vereisen. Voor gedistribueerde filters vinden we dat *edge-coupled* filters het best te integreren zijn, de verliezen compenseren we met een negatieve weerstand. Verder bepalen we een manier om de aktieve elementen onafhankelijk van de resonator te optimaliseren. In hoofdstuk 7 wordt de aktieve spoel, ontwikkeld in hoofdstuk 3, in de filters geïntroduceerd. De topologiën die in aanmerking komen voor integratie worden onderzocht. Twee afstembare filters, één banddoorlaat en één bandstop filter, met een relatieve bandbreedte van minder dan 1 % en een ruisgetal kleiner dan 7 dB wordt besproken. Tenslotte wordt in hoofdstuk 8 onderzocht hoe de filters in een geminiaturiseerde ontvanger gebruikt kunnen worden en welke eigenschappen dan het belangrijkst zijn. Het biedt een houvast bij het interpreteren van de meetresultaten. De filters uit dit proefschrift hebben betere specificaties dan de filters die in de literatuur bekend zijn. Het vergroot de toepasbaarheid van geïntegreerde afstembare microgolffilters in een verscheidenheid van systemen.

A DESIGN STRATERY FOR LOW-POWER LOW-VOLTAGE INTEGRATED TRANSCONDUCTANCE AMPLIFIERS

J.C. Keunen
11 maart 1997
Promotor: prof. dr. ir. J. Davidse

Het centrale thema van dit proefschrift is het ontwerp van analoge circuits welke zo min mogelijk voedingsstroom verbruiken. Een laag stroomverbruik is zeer belangrijk in draagbare elektronische apparatuur. Conventionele ontwerp-strategieën houden geen of weinig rekening met het stroomverbruik. Daarom wordt in dit proefschrift een ontwerp-strategie gepresenteerd voor laagvermogens en laagspannings transconductantie versterkers. De ontwerp-strategie is gericht op transconductantie-versterkers daar zij belangrijke bouwblokken zijn in laagvermogens laagspannings elektronica. De ontwerp-strategie is echter ook goed te gebruiken voor andere laagvermogens laagspannings circuits. Ondanks dat de strategie is ontwikkeld met MOSFET's als actieve componenten in gedachten, kan de strategie ook worden gebruikt voor bipolaire transistoren, echter wel met enkele kleine aanpassingen. We beginnen het proefschrift met een eenvoudig model voor een MOSFET in zwakke inversie. Dit model kan gebruikt worden tijdens het ontwerpen van een circuit. Het basis gedrag, wat in dit model wordt beschreven, dient als één van de uitgangspunten van de ontwerp-strategie. Het is onmogelijk om een alles omvattende ontwerp-theorie te maken voor transconductantie-versterkers die onder laagvermogens en laagspannings condities werken. De ontwerp beslissingen kunnen in dit geval niet orthogonaal gemaakt worden. Echter, een manier van ontwerpen, een ontwerp-strategie, kan wel gegeven worden. Het ontwerp traject is opgedeeld in vier stukken, elk gerelateerd aan een belangrijke kwaliteitseis. Deze eisen betreffen:

- offset
- lineariteit
- ruis
- bandbreedte

Het ontwerp van een transconductantie-versteker begint met het ontwerpen van een basiscircuit. Dit basiscircuit voldoet, op een stroom efficiënte wijze, aan een van de vier bovenstaande kwaliteitseisen. Welke kwaliteitseis dit is hangt af van de kwaliteitseis die het meeste invloed heeft op het stroomverbruik, zonder te letten op de andere kwaliteitseisen. In een tweede ontwerp stap, wordt dit basiscircuit aangepast aan de andere kwaliteitseisen. Het ontwerp van een stroomzuinig circuit dat voldoet aan een van de kwaliteitseisen wordt behandeld in de hoofdstukken vier tot en met zeven. Ondanks dat de focus binnen een hoofdstuk ligt op één van de kwaliteitseisen, zijn we niet blind voor de eisen die aan het circuit gesteld worden door de andere kwaliteitseisen. Indien er conflicten zijn, worden deze gemeld in de tekst. Het instellen van een versterker in laagvermogens laagspannings versterker is een wezenlijk onderdeel van de ontwerp-procedure. Beïnvloeding van het signaalgedrag door de instelcircuits is bijna niet te vermijden. Daarom moet het ontwerp van de instelcircuits vanaf de beginne van het ontwerp meegenomen worden. Hoofdstuk vier beschrijft, op systematische wijze, verscheidene instelmethoden en hun voor- en nadelen. Hoofdstuk vijf verifieert de gebruikelijke methodes om een versterker te lineariseren, voor hun geschiktheid in een laagvermogens laagspannings transconductantie-versterker. Eveneens is een richtlijn gegeven waarmee de meest geschiktste linearisatie methode gevonden kan worden. De nauwkeurigheid van de overdracht van een transconductantie-versterker hangt voornamelijk af van de nauwkeurigheid van een weerstand. Methoden om de nauwkeurigheid van de overdracht te verbeteren worden hier gegeven. Om een zekere ruisgedrag stroomefficiënt te bereiken dienen een aantal regels in acht worden genomen. Deze regels worden gegeven in hoofdstuk zes. Tevens worden er algemeen gebruikte trappen op hun ruisgedrag vergeleken. Omdat de voedingsspanning van een circuit vaak niet vrij door de ontwerper gekozen kan worden, is het voordelig om een trap zodanig aan te passen dat zij efficiënter gebruik maakt van de voedingsspanning. Methoden om dit te realiseren worden gegeven. Tevens worden methoden gegeven om de invloed van de ruis gegenereerd door de tegenkoppelweerstand te reduceren. In een laagvermogens laagspannings transconductantie-versterker kan de ruis gegenereerd door de laatste trap dominant zijn. De implementatie van tegenkoppeling, om het ruisgedrag te verbeteren, wordt alsmede beschreven in hoofdstuk zes.

Hoofdstuk zeven beschrijft hoe een bepaalde bandbreedte stroom efficiënt te realiseren. Voor een bepaalde combinatie van benodigde versterking en bandbreedte, een zekere hoeveelheid LP produkt is benodigd. Hoe dit stroomefficiënt kan gebeuren wordt beschreven in dit hoofdstuk. Tegenkoppeling is de

linearisatie-techniek die het beste lineariteit combineert met een hoge bandbreedte. Echter in sommige gevallen kan beter een speciale vorm van parallelle compensatie worden gebruikt. Verscheidene technieken voor het verplaatsen van polen en nulpunten worden beoordeeld op hun geschiktheid voor laagvermogens laagspannings circuits. Bovendien wordt een ontwerp-techniek gepresenteerd om het poolpatroon van tegengekoppelde versterkers de juiste vorm te geven. Hoofdstuk acht beschrijft een methode om hoogohmige lineaire weerstanden op een chip te maken. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de uitgangsweerstand van MOSFET's ingesteld in zwakke inversie. Deze implementatie van een weerstand kan stroom besparen indien zij het gebruik van een actief gesimuleerde weerstand overbodig maakt. In hoofdstuk negen, wordt de beschreven ontwerp-strategie toegepast in het ontwerp van een microfoonversterker, welke onderdeel is van een gehoorapparaat, en een detectie-versterker. Deze laatste versterker bevat naast transconductantie-versterkers ook andere subsystemen. De toepassing van de ontwerp-strategie op de detectie-versterker toont aan dat de strategie, met kleine aanpassingen, kan worden gebruikt voor allerlei laagvermogens laagspannings elektronica.

* * *

OVERLAPPED TRANSFORM CODING OF IMAGES: THEORY, APPLICATION AND REALISATION

R. Heusdens
17 maart 1997
Promotoren: prof. dr. ir. J. Biemond en dr. ir. E.F. Deprettere

De laatste decennia worden beelden steeds vaker digitaal gerepresenteerd. Digitale representatie van beelden heeft een aantal belangrijke voordelen boven analoge representatie, zoals flexibiliteit, robuustheid en geschiktheid voor een verscheidenheid aan signaalprocessingstechnieken. Het digitaal representeren van beelden heeft ook een nadeel, namelijk dat de opslag of transmissie van deze signalen snelle interfaces en een respectievelijk grote opslagcapaciteit of transmissiebandbreedte vereist. Een mogelijkheid om het aantal bits te reduceren, en daarmee de opslag- of transmissiekosten te verlagen, is het toepassen van *data-compressie*. Transformatiecodering is een van de meest efficiënte methoden voor datacompressie van gecorreleerde signalen. Het gebruik van een tijd-discrete signaaltransformatie voor de werkelijke codering (d.w.z. voor de kwantisatie en de afbeelding op binaire codewoorden) kan een significante reductie van de codeercomplexiteit opleveren. en geschikte signaaltransformatie leidt tot signaalrepresentaties die eenvoudig te coderen zijn. Dit proefschrift beschrijft ontwerp, applicatie en realisatie van tijd-discrete signaaltransformaties voor datacompressie, in het bijzonder datacompressie van beelden. In hoofdstuk 2 laten we zien dat een tijd-discrete signaaltransformatie beschouwd kan worden als een *(K, L, m)* filterbank, waarbij K het aantal filterkanalen, L de filterlengte en *m* de decimatiefactor voorstelt. Het plaatsen van tijd-discrete signaaltransformaties in dit meer algemene framewerk betekent dus dat het ontwerp van signaaltransformaties geformuleerd kan worden als zijnde het vinden van een geschikte filterbankarchitectuur (keuze van *K, L* en m) en het kiezen van geschikte filterresponsies. Om de invloed van verschillende keuzes voor *K, L* en *m* op de codeerefficiëntie te onderzoeken, maken we gebruik van rate-distortietheorie. In hoofdstuk 3 concentreren we ons op het werkelijke ontwerp van de filterbank. Hier bespreken we welke factoren, aanvullend op de codeerefficiëntie, de keuze van een architectuur en filterresponsies beïnvloeden. Deze factoren zijn, bijvoorbeeld, perceptuele kwaliteit en implementatie-aspecten. Gebaseerd op deze discussie stellen we een lijst samen van gewenste beperkingen en gebruiken deze om een geschikte filterbankarchitectuur te kiezen. Bovendien laten we zien hoe geschikte filterresponsies ontworpen kunnen worden, d.w.z. filterresponsies die aan de gestelde beperkingen voldoen. We tonen aan dat de klasse van zogenaamde *overlappende orthogonale transformaties* (LOT's) een geschikte kandidaat is voor onze applicatie van beeldcodering.

In hoofdstuk 4 bespreken we de applicatie van overlappende transformatiecodering van X-ray cardio-angiografische beeldsequenties. Met verliesvrije codeertechnieken kan de bitrate van deze X-ray beeldsequenties met een factor 2,5 - 3,5 gereduceerd worden. Het doel van het werk dat hier beschreven wordt is om reductiefactoren in de ordegrootte van 8 - 16 te verkrijgen. Om dit te bewerkstelligen maken wij gebruik van niet-verliesvrije codeertechnieken, in het bijzonder de technieken die gebaseerd zijn op overlappende

transformatiecodering met LOT'S. We beginnen met het bespreken van X-ray angiografie. Deze specifieke applicatie legt enige additionele eisen op aan de parametersetting van de filterbank. Vervolgens bespreken we het gehele transformatiecodeersysteem in meer detail en beschrijven resultaten die verkregen zijn met een software-implementatie van deze methode. Dit codeerschema is door Philips ingebracht in de standaardisatiediscussie van niet-verliesvrije datacompressie-algoritmen, georganiseerd door de ACR-NEMA commissie welke wordt ondersteund door de National Electrical Manufacturers Association (NEMA) en de American College of Radiology (ACR). We laten zien dat LOT's in staat zijn om X-ray beelden effectief te decorreleren, hetgeen een efficiënte codering van het getransformeerde signaal vereenvoudigd. We tonen ook aan dat LOT's bijzonder geschikt zijn om de compressie aan te passen aan het menselijk visueel systeem en aan eventuele post-processing, zoals beeldopscherping. We eindigen dit proefschrift met de realisatie van tijd-discrete signaaltransformaties. Dit wordt gedaan in hoofdstuk 5. Het ontwerp van realisaties, in het bijzonder van realisaties die geschikt zijn voor *very lange scale integration (VLSI)* technologie, bestaat uit het bepalen van een geschikt algoritme om de signaaltransformatie te berekenen en het afbeelden van dit algoritme op een architectuur. Wij laten zien dat, door zowel algoritme als architectuurontwerp gezamenlijk te beschouwen, wij numeriek robuuste en implementatie-efficiënte realisaties van filterbanken kunnen ontwerpen. Deze realisaties kunnen volledig programmeerbaar gemaakt worden in de zin dat de architectuur gebruikt kan worden voor willekeurige signaaltransformaties, inclusief de discrete cosinustransformatie, de LOT of discrete wavelettransformaties.

* * *

CHARGES AND DISCHARGES IN HVDC CABLES

M.J.P. Jeroense
24 maart 1997
Promotor: prof. dr. ir. F.H. Kreuger

Hoge gelijkspanningskabels (HVDC-kabels) van het massa-geïmpregneerde type zijn op zijn minst even betrouwbaar gebleken als hoge wisselspanningskabels. Ondanks dit gegeven, zijn er nog vragen, betreffende het technisch functioneren van de HVDC kabel, onbeantwoord gebleven. Tevens zijn de aanbevolen elektrische beproevingen van de HVDC kabel onderontwikkeld vergeleken met die voor wisselspanningskabels. Het doel van deze studie is tweeledig. In de eerste plaats wil dit werk de kennis van de HVDC kabel vergroten. In de tweede plaats doet het werk een voorstel voor beter onderbouwde testregels voor HVDC kabels. De zo vergaarde kennis en beproevingsvoorschriften zijn met name interessant voor de nieuwe generatie HVDC kabels met hogere spanningen en hogere transportvermogens. In hoofdstuk 1 wordt een korte inleiding over hoge gelijkspanningskabels gegeven. Hoofdstuk 2 beschrijft de elektrische veld- en ladingsverdelingen in de isolatie van een gelijkspanningskabel gedurende verschillende spanningsstadia. De veldberekeningen onder gelijkspanning zijn complexer dan de berekeningen onder wisselspanning. De veldverdeling onder gelijkspanning is afhankelijk van geometrie, spanning, geleiding, temperatuur, ruimtelading en tijd. Om de veldverdelingen in ieder willekeurig stadium te berekenen, is een computerprogramma geschreven. Ten aanzien van de elektrische veldsterkte blijkt een polariteitsomkering voor een kabel in een koude omgeving gevaarlijker te zijn vergeleken met dezelfde beproeving voor een kabel in een warme omgeving De lekstroom van een gelijkspanningskabel in een voldoend warme omgeving speelt een belangrijke rol in de veldverdeling. Het opwarmen van de kabel door de lekstroom kan zelfs tot een thermische doorslag leiden. Dit gegeven is van belang bij het beproeven van oliedrukkabels bij hoge temperaturen en bij het ontwikkelen van nieuwe isolatiematerialen voor gelijkspanning.

In hoofdstuk 3 wordt de hoge gelijkspanningskabel van het massa-geïmpregneerde type besproken in relatie tot deelontladingen. Het blijkt mogelijk te zijn enkele fysische gedragingen van de kabel te relateren aan de gemeten ontladingspatronen. Plotselinge drukveranderingen in de kabel alsmede het toenemen van het aantal holtes tijdens de afkoelfase leveren karakteristieke ontladingspatronen op. In dit werk zijn tevens resultaten van ontladingsmetingen vlak voor doorslag opgenomen. Hoofdstuk 4 vermeldt de bevindingen van ruimteladingsmetingen aan géïmpregneerd papier. Verrassend genoeg blijken de verdelingen van ruimtelading in hoge mate reproduceerbaar. Dit in tegenstelling tot de ladingspatronen in plastics; hier zijn de patronen vaak erg afhankelijk van het materiaaltype en soms zelfs van de batch. Lading wordt gèinjecteerd in het papier

dat aan een elektrode ligt. De verdeling van de ruimtelading is altijd van het "homocharge" type. Het aangroeien en afvloeien van de ruimtelading verloopt volgens specifieke patronen. Dit aangroeien en afvloeien in de tijd kan grofweg met twee tijdconstanten beschreven worden. De waarnemingen zijn in hoge mate onafhankelijk van het elektrodemateriaal, -polariteit en de aangelegde spanning. Het gevolg van de "homocharge" verdeling is een veldverhoging in het papier. De laagste veldverhogingen blijken op te treden in dunne papiersoorten met een hoge luchtondoorlaatbaarheid en isolerende oliën met een relatief lage elektrische weerstand. Indien meerdere papierlagen op elkaar gestapeld worden, migreert de ruimtelading niet van laag naar laag. De geïnjecteerde ruimtelading blijft dan ook beperkt tot de eerste papierlaag naast een elektrode. Bij de produktie van HVDC kabels verdient het dan ook aanbeveling om dunne, hoog luchtondoorlaatbare papiersoorten aan te brengen naast de geleider en loodmantel.

Hoofdstuk 5 beschrijft een fysisch model dat de waarnemingen betreffende ruimtelading goed voorspelt. De geleiding in géimpregneerd papier is hoogstwaarschijnlijk van het ionische type. Op een elektrode-papier overgang vindt waarschijnlijk Schottky injektie plaats. Het model gebruikt genoemde geleidings- en injektiemechanismen en combineert dit met de plaatsafhankelijke recombinatie van ladingsdragers. De modelparameters kunnen over een breed gebied gevarieerd worden zonder dat de modelresultaten noemenswaardig afwijken van de waarnemingen. In hoofdstuk 6 wordt een voorstel gedaan voor nieuwe beproevingsregels voor HVDC papierkabels. Als startpunt zijn de huidige CIGRE aanbevelingen gebruikt. Deze worden uitgebreid met de ervaringen die in dit werk zijn opgedaan. De kennis van de elektrische levenslijn van hoge gelijkspanningskabels is niet compleet. Ten aanzien van het ontwikkelen en testen van nieuwe generatie HVDC kabels is het daarom nodig diagnostische proeven toe te voegen aan de bestaande aanbevelingen. Deelontladings- en diëlektrische proeven zijn goede kandidaten voor een diagnostische proef. Wat betreft een deelontladingsproef worden het q-n diagram en het kwaliteitsgetal Q voorgesteld als mogelijke criteria om "goede" van "slechte" kabels te onderscheiden. De omgevingstemperatuur waarbij hoge gelijkspanningskabels en -garnituren getest worden, dient in overeenstemming te zijn met de omgevingstemperatuur die in de praktijk ervaren zal worden. Fabrieksmoffen dienen op dezelfde wijze beproefd te worden als kabels.

DIRECTIONAL DECOMPOSITION OF ELECTROMAGNETIC AND ACOUSTIC WAVE-FIELDS

M.J.N. van Stralen
1 mei 1997
Promotoren: prof. dr. ir. H. Blok en dr. M.V. de Hoop

Het numeriek modelleren van golfvoortplanting in willekeurige, grote structuren is rekenintensief en vereist zeer snelle computers met grote geheugens. Daarom zoekt men naar alternatieve rekenmethoden op maat gemaakt voor een groep van configuraties met gemeenschappelijke eigenschappen, die nauwkeurig en toch snel zijn. In golfgeleidende structuren kan men een voorkeursrichting van de golfvoortplanting aanwijzen. Hierin variëren de eigenschappen van de structuur langzamer in de voorkeursrichting dan in de richting loodrecht daarop. Een richtingsafhankelijke decompositie van elektromagnetische of akoestische golven is een methode om dit veldprobleem te beschrijven. Daarbij valt de beschrijving uiteen in twee deelproblemen: (a) de golfvoortplanting in de voorkeursrichting en (b) de verstrooiing ten gevolge van variaties in het vlak loodrecht daarop. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van Bremmer's reeks ontwikkeling en de theorie van de pseudo-differentiaal operatoren. Eén van de toepassingsgebieden is de geïntegreerde optica. De grote drijfveer hierachter is de glasvezeltelecommunicatie. Met de huidige techniek kan men complexe ontvangers en zenders op een optische chip maken waarin naast lichtgeneratie en detectie ook ingewikkelde signaalbewerkingen optisch worden uitgevoerd. Voor het ontwerpen van zulke chips is er behoefte aan numerieke methoden om de elektromagnetische velden in de voorkomende golfgeleidende structuren te berekenen. In de jaren 70 is de ontwikkeling van de Bundel Propagatie Methode (BPM) begonnen. Sindsdien is deze methode sterk verbeterd. In feite is de BPM een primitief voorbeeld van de richtingsafhankelijke golfvelddecompositie. Andere toepassingen komen uit de exploratiegeofysica en onderwaterakoestiek. Naast de akoestische golfgeleiding in de aardlagen tussen twee boorgaten, kan men ook golfvoortplanting loodrecht op de aardlagen met een directionele golfvelddecompositie beschrijven en modelleren. In de literatuur behandelt men vaak methoden die gebaseerd zijn op de zogenaamde parabolische benadering. Deze methoden zijn het akoestische equivalent van de BPM. De in dit proefschrift beschreven methode wordt in frequentie-

domein uitgevoerd. Een inverse Fourier transformatie vertaalt het resultaat eventueel naar het tijddomein. Na de keuze van de voorkeursrichting wordt het elektromagnetische veld in een willekeurige dwarsdoorsnede in twee verschillende golfconstituenten ontrafeld: één in de voorkeursrichting en één in de tegengestelde richting. De reeks van Bremmer is een wiskundige methode om de interactie tussen deze twee golven te beschrijven. Sommatie van die golven levert uiteindelijk het te berekenen veld. De afzonderlijke termen in de reeks van Bremmer kunnen fysisch g6interpreteerd worden als de golven die een aantal keren heen en weer hebben gelopen door de configuratie. Zo komt de eerste term overeen met de golf in voorwaartse richting, die ook in de BPM berekend wordt, terwijl de tweede term de één keer gereflecteerde golf beschrijft. De numerieke implementatie van Bremmer's reeks is relatief eenvoudig en leidt tot een nieuw efficiënt rekenschema. Numerieke voorbeelden tonen aan dat vaak een beperkt aantal termen van deze reeks al nauwkeurige resultaten geeft. Het verstrooiingsprobleem in het dwarsvlak is wiskundig een stuk lastiger. Pseudo-differentiaaloperatoren (of worteloperatoren) beschrijven namelijk dit verstrooiingsprobleem. Een grondige analyse geeft ons twee wiskundige gereedschappen: (a) een eigenwaardenontbinding en (b) een vlakkegolf-ontbinding. De eigenwaardenanalyse is nauw verwant met de modale analyse van golfgeleiders. Het geeft ons samen met de reeks van Bremmer de mogelijkheid om het modelleren van uniforme (rechte) golfgeleiders uit te breiden naar niet-uniforme golfgeleiders.

Daartegenover staat de vlakkegolfontbinding. De interactie van de worteloperator met een vlakke golf wordt daarbij vervangen door een vermenigvuldiging van een linker symbool met dezelfde vlakke golf. In feite breidt de theorie voor golfvoortplanting in een homogeen gelaagde structuur zich zo uit naar een heterogeen gelaagde structuur. Een nadere analyse van het linker symbool verduidelijkt het verband tussen dit symbool en de modale analyse. Voor twee specifieke configuraties wordt dit symbool berekend en gebruikt voor de analyse van het rekenschema: een golfgeleider met kwadratisch profiel en een symmetrische drie-lagen golfgeleider.

Doel bij de numerieke implementatie is een snel en nauwkeurigheid rekenschema. Hiervoor dient men kleine ijle matrixrepresentaties van de relevante operatoren te ontwerpen. Als eerste krijgt de twee dimensionale configuratie alle aandacht. De in dit proefschrift gevolgde numerieke strategie is gebaseerd op de derde-ordebenadering van Thiele's ontwikkeling van de worteloperator. Daarnaast worden alle ruimtelijke afgeleiden ook vervangen door hun nationale eindige-differenties benaderingen. Om de uiteindelijke nauwkeurigheid op een grof rooster op te voeren, wordt met behulp van de linker symbolen een zodanige optimalisatie geïntroduceerd dat de golfvoortplanting in het rekenschema tot bijna 90 graden nauwkeurig beschreven wordt, terwijl de numerieke optredende artefacten minimaal zijn. Een soortgelijke analyse wordt uitgevoerd voor de reflectie- en (de)compositie-operatoren. Dit alles leidt tot een snel en nauwkeurig rekenschema. Een aantal numerieke voorbeelden verduidelijken de reeks van Bremmer. Als proef op de som wordt de methode ook toegepast op elektromagnetische velden in drie dimensionale configuraties met anisotrope materialen. Bij het ontrafelen van het veld in tegen elkaar inlopende golven, dient men de symmetrieën van de relevante operatoren nauwlettend in de gaten te houden. Daarnaast verdient ook de elektromagnetische polarisatiewisselwerking extra aandacht. Aan de basis van de numerieke implementatie liggen wederom de derde-orde-benadering van Thiele's ontwikkeling van de worteloperator en de nationale benaderingen van spatiële afgeleiden. Om een snel rekenschema o p een grof rooster te ontwikkelen worden hexagonale roosters gebruikt. De optredende fout is dan rotatie-symmetrisch, wat niet tot noemenswaardige numerieke anisotropie leidt. Een aantal numerieke voorbeelden verduidelijken de methode. Dit proefschrift geeft een uitvoerige beschrijving van een algemene wiskundige methode voor golfveldverstrooiing in structuren met een richtingsafhankelijkheid. Men kan de methode ook zien als een uitbreiding van de standaard parabolische methoden, zoals de bundelpropagatiemethode. Er zijn twee belangrijke numerieke aspecten: (1) de reeks van Bremmer neemt ook de interactie tussen de tegen elkaar inlopende golven mee en (2) de numerieke voortplantingshoek wordt vergroot door het gebruik van rationele benaderingen van de relevante operatoren en een optimalisatieprocedure.

* * *

STRUCTURED ELECTRIC DESIGN OF HIGH-PERFORMANCE LOW-VOLTAGE LOW-POWER REFERENCES

A. van Staveren
13 mei 1997
Promotor: prof. dr. ir. A.H.M. van Roermund

De toenemende complexiteit van elektronische systemen maakt een gestructureerde ontwerpmethode onontbeerlijk om ontwerptijd en kosten (chip-oppervlak enzovoorts) te beperken. De ontwerp-methode zoals beschreven in Hoofdstuk 2, laat zien dat de wiskundige beschrijvingstaal, meer specifiek de differentiaalvergelijking, een geschikte taal is om de gewenste signaalverwerkingsfunctie te beschrijven. Een belangrijke eigenschap van deze methode is orthogonalisatie; de drie fundamentele aspecten van de informatieverwerkingscapaciteit:

- ruis;
- signaalvermogen;
- bandbreedte;

worden achtereenvolgens geoptimaliseerd in, idealiter onafhankelijke ontwerpstappen. Daardoor kunnen de fundamentele grenzen van deze drie aspecten in een vroeg stadium van het ontwerpproces gevonden worden. Wanneer de betreffende ontwerpeisen zwaarder zijn dan deze fundamentele grenzen, zal er geen oplossing gevonden worden. De praktische begrenzingen, zoals bijvoorbeeld de begrenzingen geïntroduceerd door de gebruikte procestechnologie, moeten tussen de ontwerpeisen en de fundamentele grenzen in liggen. Op basis van de eenvoudigste differentiaalvergelijkingen, de homogene lineaire differentiaalvergelijkingen, zijn de volgende functies gevonden:

- harmonische frequentie-referentie;
- constante-referentie.

Deze functies zijn respectievelijk afgeleid van de tweede en eerste-orde homogene lineaire differentiaal-vergelijkingen. Er zijn geen fundamentele beperkingen aan de kwaliteit van deze functies. Deze functies moeten daarom dan ook gebruikt worden wanneer ftequentie-referenties of DC-referenties van hoge kwaliteit nodig zijn. Vanuit het oogpunt van de implementatie is de schaalfactor een onontbeerlijke functie voor het realiseren van deze referenties. Laagspanning, laagvermogen ontwerp wordt steeds belangrijker voor het kunnen realiseren van draagbare apparatuur met een steeds groter wordende functionaliteit. Hoofdstuk 3 behandelt laagspanning, laagvermogen ontwerp vanuit de twee orthogonale aspecten:

- laagspanning;
- laagstroom.

Een laagspanning ontwerpeis beïnvloedt voornamelijk de maximale signaalspanningen, dan wel via de impedantieniveaus de maximale signaalstromen. Het ontwerpen in het stroomdomein is een zeer goed passende oplossing wanneer er aan een laagspanning eis voldaan moet worden. Dit komt omdat actieve componenten een expanderende overdracht hebben van ingangsspanning naar uitgangsstroom en voedingsbronnen veelal van het spanningstype zijn zodat de stroom de vrije parameter is. Een laagstroom eis heeft een zeer grote invloed op de signaalverwerkingscapaciteit doordat de kwaliteit van het ruisgedrag, het maximale signaalvermogen en de bandbreedte afnemen voor afnemend stroomverbruik. Dit geldt wanneer zowel met signaalspanningen als met signaalstromen gewerkt wordt. Laagvermogen ontwerp is een combinatie van laagspanning en laagstroom ontwerp en daarom spelen de effecten van beide eisen een rol. Daarenboven, een laagvermogen eis zorgt ervoor dat orthogonaliteit moeilijker te handhaven is binnen het ontwerpproces. In de achtereenvolgende hoofdstukken, komt het gestructureerd elektronisch ontwerpen van de schaalfactor (Hoofdstuk 4), de harmonische frequentie-referentie (Hoofdstuk 5) en de constante-referentie (Hoofdstuk 6) aan de orde. De versterker is een implementatie van de schaalfactor. Hoofdstuk 4 laat zien dat het mogelijk is om het ontwerp met betrekking tot ruis, signaalvermogen en bandbreedte orthogonaal te doen. De invloed van ruis is voornamelijk gelokaliseerd aan de ingang van de versterker en hangt af van de bronimpedantie en het type ingangscomponent. Eenmaal geminimaliseerd, kan het ruisgedrag van de versterker niet meer verbeteren. Het maximale signaalvermogen van een versterker wordt begrensd door distorsie. Er is onderscheid gemaakt tussen clipping distorsie en zwakke distorsie. Clipping distorsie moet voorkomen worden door te zorgen voor een voldoende uitstuurbereik zowel in het spannings- als in het stroomdomein. Zwakke distorsie, d.i. b en gm distorsie, kunnen effectief gereduceerd worden door het vergroten van de globale lusversterking; lokale tegenkoppeling geeft geen verbetering.

Bandbreedte wordt bepaald door de gehele lus. Het produkt van de dominante polen en de DC lusversterking, het LP produkt, is een maat voor het absolute frequentiegedrag. De groep van dominante polen wordt gevormd door al die polen waarvoor geldt dat de som van de luspolen groter of gelijk is dan de som van de betreffende systeempolen. Het relatieve frequentiegedrag kan worden ontworpen met diverse frequentiecompensatie technieken. Afhankelijk

van het type wordt het LP produkt in meerdere of mindere mate gereduceerd. Frequentie-compensatie technieken die lokale tegenkoppeling toepassen hebben de voorkeur boven technieken die geen tegenkoppeling toepassen. De laatstgenoemden verslechteren het distorsiegedrag terwijl de eerstgenoemden deze nagenoeg niet aantast. De harmonische oscillator die behandelt wordt in Hoofdstuk 5, is een implementatie van de harmonische frequentie-referentie. De differentiaal-vergelijking van de kern van de oscillator, de resonator, is nagenoeg gelijk aan die van de ideale harmonische frequentie-referentie. Met behulp van een actieve ontdemping kunnen deze gelijk gemaakt worden. Om met de totale oscillator de intrinsieke hoge kwaliteit van de resonator te kunnen benaderen, moet de invloed van de actieve ontdemping verwaarloosbaar klein zijn. Voor het verkrijgen van maximaal signaalvermogen in de resonator, heeft de serie-resonator de voorkeur boven de parallel-resonator. Voor een gegeven voedingsspanning kan het vermogen in de serie-resonator een factor Q, de kwaliteitsfactor, groter zijn dan het vermogen in de parallel-resonator.

Het ontwerp van een laag ruisniveau voor harmonische oscillatoren blijkt niet triviaal te zijn. Ten gevolge van het extreme impedantieniveau van de resonator in geval van resonantie (namelijk relatief laag voor de serie-resonator en relatief hoog voor de parallel resonator) heeft de ruis van het actieve deel een enorm effect op de CNR van de oscillator. Tot op zekere hoogte, kan met tappen het impedantieniveau van de resonator veranderd worden zonder de intrinsieke kwaliteit te verminderen. Deze impedantietransformatie heeft als nut dat een veel betere ruisaanpassing gemaakt kan worden. Met een ontwerpvoorbeeld van een laagspannings harmonische oscillator is een verbetering van 14 dB gerealiseerd bij gelijkblijvend vermogensverbruik. De maximale tapfactor wordt uiteindelijk begrensd door de afname van de intrinsieke kwaliteitsfactor van de resonator. Deze afname is voor tapfactoren in de orde van, of hoger dan de kwaliteitsfactor. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de zwakkere koppeling tussen de resonator en de ontdemping. Ten gevolge van dit tappen, ontstaat er een equivalente parallel capaciteit aan de klemmen van de resonator. Ter voorkoming van relatief hoogfrequente parasitaire oscillaties moet de getapte resonator ontdempt worden met een negatieve weerstand én een negatieve capaciteit. Het effect van een beperkte bandbreedte van de ontdemping is een lagere effectieve kwaliteitsfactor. In Hoofdstuk 6, tenslotte, wordt het gestructureerd ontwerpen van bandgapreferenties besproken. Deze referenties zijn een implementatie van de constante-referentie. Een bandgap-referentie kan beschreven worden als een lineaire combinatie van basis-emitterspanningen. Op basis van het temperatuurgedrag van de basis-emitterspanning is aangetoond dat voor het compenseren van n orden van het temperatuurgedrag van de lineaire combinatie, tenminste n, of wanneer n kleiner is dan twee, 2, basis-emitterspanningen nodig zijn. Voor het compenseren van m orden (orde ≥ 2) zijn tenminste m collectorstromen met een verschillend temperatuurgedrag nodig. Het absolute ruisniveau aan de uitgang van de eerste en tweede-orde gecompenseerde bandgap-referentie, bij gebruik van het minimale benodigde aantal basis-emitterspanningen (2), blijkt ongeveer omgekeerd evenredig te zijn met de som van de twee collectorstromen. Het relatieve ruisminimum blijkt voorwaarden te geven voor de verhouding van de twee collectorstromen. Vervolgens kan de ruisbijdrage van de schaalfactoren en opteller geminimaliseerd worden, onafhankelijk van de voorgaande ruisminimalisaties, wanneer er een geschikte verhouding word gekozen voor de twee emitteroppervlakten. De uitgangsimpedantie van de bandgap-referentie moet ook relatief laag zijn voor relatief hoge frequenties, ongeacht het feit dat het gewenste uitgangssignaal een DC signaal is. Het ontwerp van de bandbreedte van de uitgangs-impedantie kan onafhankelijk van de andere ontwerpaspecten gedaan worden. Het maximale signaal van de bandgap-referentie heeft te maken met aan de ene kant de maximaal te leveren stroom en aan de andere kant met de referentiespanning relatief ten opzichte van de voedingsspanning. De maximaal te leveren stroom wordt bepaald door de uitgangstrap van de bandgap-referentie en op welke niveau en hoe deze ingesteld is. Een relatief grote uitgangsspanning voor een gegeven referentiespanning kan worden verkregen wanneer de voedingsspanning verlaagd wordt zodanig dat deze relatief dichtbij de referentiespanning ligt. Dit is feitelijk een verhoging van de vermogensefficiëntie. Een direct gevolg is dat de spanningsruimte voor de instelbronnen relatief klein wordt en deze dicht tegen verzadiging aan zullen zijn. Transistoren met de laagste verzadigings-spanning zijn die transistoren waarvoor de emitter en de collector elkaar zoveel mogelijk overlappen. Een uitdrukking is afgeleid voor de extra temperatuur-afhankelijkheid van de uitgangsspanning van de bandgap-referentie als gevolg van deze verzadigende transistoren. Daaruit volgt dat voor bandgap-

referenties met een zeer lage temperatuur-afhankelijkheid, dat is in de orde van een paar honderd ppm over een temperatuurbereik van 100 K, de minimaal benodigde spanningsruimte voor stroombronnen ongeveer 150 mV bedraagt. Aan het eind van Hoofdstuk 6 worden twee ontwerp-voorbeelden besproken. Het ene voorbeeld behandelt het ontwerp van een laagspanning, laagvermogen eerste-orde gecompenseerde bandgap-referentie. Voor deze referentie is de ruisminimalisatie het belangrijkste aandachtspunt. De berekeningen zijn in goede overeenstemming met de simulaties. Het andere voorbeeld behandelt het ontwerp van een laagspanning, laagvermogen tweede-orde gecompenseerde bandgap-referentie. Voor dit ontwerp was de compensatie van het temperatuur-gedrag met behulp van een lineaire combinatie van basis-emitterspanningen het belangrijkste aandachts-punt. De theoretisch minimale temperatuur-afhankelijkheid voor een temperatuurbereik van 100 K bedraagt circa 22 ppm. De meetresultaten gaven een temperatuur-afhankelijkheid van 150 ppm over dit gebied; dit is de meest temperatuurstabiele laagspanning (1 V) bandgap-referentie. De extra temperatuuraf-hankelijkheid is o.a. te wijten aan verzadigende stroombronnen. Wanneer verwerking in het stroomdomein of een hogere voedingsspanning gebruikt wordt, kunnen nog betere resultaten bereikt worden.

* * *

CHARGE CARRIER TRANSPORT IN SILICON-GERMANIUM HETEROJUNCTION BIPOLAR TRANSISTORS

R.J.E. Hueting
20 mei 1997
Promotoren: prof. dr. ir. J.W. Slotboom en prof. dr. M. Kleefstra

Door de huidige technologische ontwikkelingen is het mogelijk om dunne silicium-germanium (SiGe) lagen te laten groeien met perfect abrupte Si/SiGe heterojuncties. Eén van de toepassingen is de heterojunctie bipolaire transistor (HBT). Deze transistor heeft belangrijke elektrische voordelen, zoals een hoge afsnijfrequentie en een lage basisweerstand. Deze voordelen zijn aantrekkelijk voor toepassingen in de telecommunicatie. Echter, de fysica van dit type transistor is nog niet volledig duidelijk. In dit proefschrift is geprobeerd om het begrip van de fysica van de SiGe HBT te vergroten en met behulp van computersimulaties dit type transistor te optimaliseren. Ook wordt ingegaan op de belangrijke transport parameters in SiGe, zoals de mobiliteit en de effectieve toestandsdichtheden in de geleidingsband en de valentieband. Het klein-signaal gedrag van de bipolaire transistor wordt besproken, waarbij twee methodes voor de berekening van de afsnijfrequentie worden gebruikt: de a.c. klein-signaal methode en de quasi-statische benadering daarvan. Hier wordt ook ingegaan op de bijdrage van de verschillende looptijden door de transistor. Met behulp van computersimulaties zijn met beide genoemde methodes optimalisaties verricht aan SiGe HBTs met polykristallijne emitters. De conclusie is, dat een abrupt Ge profiel halverwege de basis optimaal is voor het hoogfrequente gedrag, met in achtname van de proces beperkingen. De basislooptijd vormt een minder belangrijk deel van de totale looptijd dan gewoonlijk wordt verondersteld. Daarom is de vraag of een geleidelijk Ge profiel dan wel een abrupt Ge profiel beter is, niet relevant, mits het basis Gummel-getal hetzelfde is. Daarentegen is de looptijd door de emitter-basis ruimteladingslaag vaak wel een belangrijk deel van de ‘ totale looptijd. Deze looptijd hangt af van het basis Gummel-getal en de intrinsieke ladingsdragersconcentratie in de emitter-basis ruimteladingslaag. Met behulp van een "computer experiment" voor een blokvormige SiGe HBT is aangetoond dat de laatstgenoemde parameters praktisch onafhankelijk van elkaar zijn. Voor een correcte interpretatie van deze parameters zou de complete device structuur volledig bekend moeten zijn. De Si bipolaire transistoren, gemaakt in het zogenaamde DIMES03-proces, zijn vergeleken met SiGe HBTs gemaakt in een modificatie van dat proces. Daarbij zijn materiaal parameters, zoals de verboden band en het produkt van de effectieve toestandsdichtheden met de diffusiecoëfficiënt, bepaald. Het produkt van de effectieve toestands-dichtheden met de diffusiecoëfficiënt blijkt in SiGe lager te zijn dan in Si. Met simulaties is aangetoond dat dit voornamelijk het gevolg is van de geringere effectieve toestandsdichtheden in SiGe vergeleken met die in Si. Aangetoond is dat voor dit proces een uniform Ge profiel met een hoog Ge percentage en een zeer dunne en zwaar gedoteerde basis optimaal is. Door het hier toegepaste hoge Ge percentage begint de emitter-basis depletiecapaciteit in de HBT een belangrijke rol te spelen. Door de basisstroom van de SiGe HBT te analyseren is geprobeerd om aan te tonen dat deze stroom bepaald wordt door recombinatie in het basisgebied. Dit is het gevolg van

de sterk toegenomen intrinsieke ladingsdragers-concentratie in de basis en de afgenomen levensduur in SiGe ten opzichte van Si. Door voor hoge basis-emitter spanningen naar de gelijkstroom van de SiGe HBT te kijken, blijkt de basisstroom sterk afhankelijk te zijn van de collector-basis spanning. Dit wordt veroorzaakt door het emitter crowding effect. De afgenomen levensduur in SiGe versterkt dit effect.

* * *

LOW COST SMART CAPACITVE SENSORS FOR POSITION AND SPEED MEASUREMENT

X. Li
27 mei 1997
Promotor: prof. dr. ir. A.H.M. van Roermund

Hoofdstuk 1 bevat een korte introductie van pientere capacitieve sensoren en beschrijft het doel van het werk dat het onderwerp is van deze thesis. Capaciteiten worden gebruikt als sensorelementen om verschillende fysische en mechanische hoeveelheden op directe of indirecte wijze te meten. Deze elementen hebben het voordeel van laag energiegebruik, hoge resolutie en eenvoudige structuur. De praktische toepassing van capacitieve sensoren in de industrie is echter beperkt vanwege een aantal moeilijk oplosbare fysische, elektrische en mechanische problemen, zoals de fysische effecten van buiging van het elektrisch veld, het zuiver meten van zeer kleine capaciteiten, niet-lineariteit, drift van parameters, kruis-gevoeligheid, nauwkeurigheid, stabiliteit en dynamisch bereik. De pientere capacitieve sensor biedt een oplossing om deze tekortkomingen te verbeteren. In deze thesis definiëren wij een pientere sensor als een sensor met tenminste een van de volgende functies: een logische functie, de bi-directionele communicatie en het nemen van een beslissing. Hoofdstuk 2 bevat een kort overzicht betreffende positie- en snelheidssensoren, en presenteert enige algemene fysische aspecten van capacitieve positie- en snelheidssensoren. Een aantrekkelijk concept voor een pientere sensor is een microcontroller-based sensor waarin een sensor-element, een signaalbewerkingscircuit en een microcontroller zijn gecombineerd. Het sensor-element wordt gebruikt om de measurand te sensen en om, in overeenstemming met fysische basisprincipes, de specifieke te meten grootheid om te zetten in een bruikbaar uitgangssignaal. De signaalprocessor zet de signalen van het sensorelement om in een microcontrollercompatible uitgangssignaal. De micro-controller verzorgt de meting van het uitgangssignaal van de signaalprocessor, zorgt voor de digitale en algorithmische bewerking van het signaal, en maakt een digitaal uitgangssignaal voor de buitenwereld. Zo'n pientere sensor biedt waarschijnlijk de mogelijkheden om:

- te calibreren en compenseren in real time,
- zichzelf te testen
- rekenkundige bewerkingen uit te voeren,
- te communiceren met de omgeving,
- meer dan een fysische of chemische hoeveelheid te meten,
- een logische beslissing te nemen.

De systeemarchitectuur van de pientere capacitieve sensoren wordt besproken in hoofdstuk 3. De voornaamste elementen van het systeem, zoals de capacitieve sensorelementen, de signaalprocessor en de microcontroller worden beschreven. Een concept wordt beschreven voor een systematisch ontwerp dat de mechatronische benadering en de systeem benadering combineert. Het gebruik van een meervoudige-elektrode-structuur van het capacitieve sensorelement kan het effect van de buiging van het elektrisch veld en het effect van mechanische toleranties effectief reduceren. Een typisch voorbeeld van zo'n structuur is de drie-laagse meervoudige-elektrode-structuur van het capacitieve sensor element. Combinatie van een sensorelement met zo'n structuur met een pientere signaalprocessor resulteert in een high-performance en low-cost pientere capacitieve sensor. In hoofdstuk 4 worden verschillende technieken en methoden beschreven om kleine capaciteiten te meten met low-cost signaalprocessors. Een bijzonder effectieve meet-techniek waarmee de invloed van parasitaire capaciteiten wordt geëlimineerd of aanzienlijk gereduceerd is de tweepoort-meettechniek. De oscillatiemethode voor het meten van capaciteit is zeer geschikt om een microcontroller-compatible uitgangssignaal te verkrijgen en kan gecombineerd worden met de tweepoort-meettechniek. Een signaal-processor, bestaande uit een lineaire capaciteits-gestuurde oscillator en een multiplexer, die een nauwkeurige bewerking kan uitvoeren voor kleine veelvoudige capaciteiten op een goedkope wijze, is ontworpen en gerealiseerd in een 0,7 mm CMOS proces. De gemeten resolutie en niet-lineariteit over een meetbereik van 2 pF is, respectievelijk, $12x10^{-6}$ en

$300x10^{-6}$. De high-performance ingangsversterker kan parasitaire capaciteiten aan de ingang accepteren tot ongeveer 3 nF.

Hoofdstuk 5 beschrijft het ontwerp van een goedkope, high-performance capacitieve hoek-encoder. De ontwerp-aspecten van de capacitieve sensorelementen, de verbeterde algoritmes, de invloed van de niet-idealiteiten in de capacitieve sensorelementen en de autocalibratietechniek worden in detail beschreven. Het gebruik van de drie-signaaltechniek elimineert de onbekende offset en de onbekende versterkingsfouten van de signaalprocessor. Een uitbreiding van de driesignaaltechniek resulteert in de *Ratio of Two Linear Combinations of the Capacitances* (RTLCC) techniek bij de meervoudige-elektrodesensor. Met deze techniek zijn veel niet-idealiteiten geëlimineerd, in zowel het capacitieve sensorelement als in de signaalprocessor, zoals het effect van buiging van het elektrische veld, onvlakheid, excentriciteit, scheefstand, mechanische drift en ruimtelijke laagfrequente ruis in het sensor element, en offsetspanningen, ingangs-biasstromen, versterkingsfouten en laagfrequente drift en ruis in de signaalprocessor. Om deze techniek toe te kunnen passen wordt de structuur van het capacitieve sensorelement met meervoudige elektroden geoptimaliseerd en een optimum algoritme gedefinieerd. Deze geavanceerde techniek maakt gebruik van het geheugen van de microcontroller. Het gebruik van dit geheugen is een essentiële voorwaarde om de nieuw-ontwikkelde autocalibratietechniek te kunnen gebruiken. Met deze calibratietechniek kunnen belangrijke fouten geëlimineerd worden zonder gebruik te maken van een referentiesensor. Door de fysieke aspecten van de capaciteiten theoretisch te analyseren zijn de geometrische parameters van het sensorelement geoptimaliseerd. Dit optimum hangt af van de niet-lineariteit veroorzaakt door vele niet-idealiteiten, zoals excentriciteit, scheefstand, vervorming van elektroden en effecten van elektrisch-veldbuiging enerzijds, en niet-vlakheid, mechanische stabiliteit, en gevoeligheid voor vervuiling en vochtigheid anderzijds. Een prototype van de pientere capacitieve absolute hoek-encoder is gebouwd en getest. Bij de hoekmeting werd een hoge graad van nauwkeurigheid **(+26")** verkregen over een meetbereik van 3600. De resolutie, herhaalbaarheid en reproduceerbaarheid van het prototype zijn beter dan, respectievelijk, 1,5", 3,6" en 2,5" bij een meettijd van 150 ms.

In hoofdstuk 6 wordt een nieuwe low-cost contactloze resistieve potentiometrische positie sensor gepresenteerd. Het sensor element bestaat uit een gemodificeerde resistieve potentiometer met een loper die niet direct in mechanisch contact is met de weerstandslaag van de potentiometer. Voor de positiemeting wordt een nauwkeurigheid van +-0,3% verkregen over een meetbereik dat beperkt is tot 270'. In de hoofdstukken 7 en 8 wordt een nieuwe methode voor het meten van lage snelheden van bewegende voorwerpen gepresenteerd. Met deze nieuwe methode kunnen, door het algoritme aan te passen, maar met gebruikmaking van dezelfde signaalprocessor, de capacitieve sensor elementen of de contactloze resistieve potentiometrische sensorelementen gebruikt worden om lage snelheden te meten. Bij een meting van een constante snelheid van 30 omwentelingen per minuut (omw/min) bedroeg de nauwkeurigheid 0,45 omw/min en 3,4 omw/min in een meettijd van 50 ms bij het gebruik van, respectievelijk, de capacitieve sensorelement en de contactloze potentiometrische sensorelement. De grotere onnauwkeurigheid van de contactloze potentiometrische snelheidssensor wordt veroorzaakt door de grote mechanische tolerantie van het potentiometrische element. De conclusie is dat een eenvoudig sensorelement met relatief grote mechanische (dynamische) tolerantie niet geschikt is om snelheid nauwkeurig te meten. Hoofdstuk 9 presenteert een vergelijking van de specificaties van pientere capacitieve sensoren en contactloze potentiometrische sensoren. Beiden gebruiken gelijksoortige signaalprocessors en meetmethoden, en kunnen gebruikt worden om positie en snelheid te meten. Een vergelijking van de resultaten geeft aan dat de capacitieve sensor met een meervoudige-elektrodestructuur een beter resultaat levert voor veel specificaties. Echter, bij sommige toepassingen vormen de eenvoud en de lage kosten van de contactloze resistieve-potentiometrische sensor een belangrijk voordeel. Hoofdstuk 10, tenslotte, bevat de conclusies en de aanbevelingen voor verder onderzoek.

* * *

HIGH CAPACITY INTEGRATED OPTICAL RECEIVERS

C.A.M. Steenbergen
24 juni 1997
Promotor: prof. dr. B.H. Verbeek

The toenemende vraag naar snel beschikbare

informatie, is een belangrijke drijfveer voor het onderzoek op het gebied van breedbandige communicatie netwerken. Het gebruik van de glasvezel als fysiek transport medium en het licht als informatiedrager, biedt de mogelijkheid voor enkele Tb/s transmissie capaciteit. Om die potentiële transmissie capaciteit ten volle te kunnen benutten, wordt gebruik gemaakt van golflengte multiplexing, waarbij de bandbreedte van de glasvezel wordt opgedeeld in een aantal kanalen met een veel kleinere bandbreedte, waardoor verdere signaalverwerking door elektronica op lagere snelheid mogelijk is. Optische ontvangers vormen de connectie tussen het optische en het elektrische domein. Dit proefschrift beschrijft het ontwerp, de fabricage en de karakterisatie van optische ontvangers, waarbij gebruik gemaakt wordt van geïntegreerde optische schakelingen om de verschillende golflengtes van elkaar te scheiden. Zo'n optisch geïntegreerde schakeling wordt vervaardigd met vergelijkbare technieken als voor elektronische IC's gebruikelijk is. Op planaire substraten worden lichtgeleidende structuren aangebracht met afmetingen vergelijkbaar met de golflengte van het licht: in de orde van ongeveer 1 mm. Deze golfgeleiders zijn vervaardigd op InP substraat, wat de mogelijkheid biedt voor integratie van zowel lasers en detectoren voor de belangrijke telecommunicatie golflengtes 1.3 en 1.55 mm. De belangrijkste motivatie voor vergaande integratie van optische transmitters, optische filterfuncties en optische ontvangers wordt gevonden in de reductie van de afmontage, die het grootste gedeelte van de kostprijs vormt. Integratie van golfgeleiders met detectoren vormt de basis van iedere geïntegreerd optische ontvanger en wordt daarom als eerste beschreven. Golfgeleider detector integratie wordt bereikt door gebruik te maken van een absorptie laag boven de golfgeleider. In de absorptielaag wordt het licht omgezet in electron-gat paren, die op hun beurt ruimtelijk worden gescheiden door een elektrisch veld, welk wordt gevormd door de absorptielaag in een pin- configuratie op te nemen. Door gebruik te maken van modale analyse is de golfgeleider detector structuur geoptimaliseerd. Een twee- en een driedimensionale analyse worden beschreven. Door de optimalisatie van de detector structuur kan een grote bandbreedte worden bereikt, terwijl een hoge responsiviteit gewaarborgd blijft. Fabricage van optische ontvangers vereist een nauwkeurige en reproduceerbare technologie. De noodzakelijke technologische stappen voor de fabricage van laagverliezende golfgeleider structuren worden beschreven. Depostie van hoge kwaliteit PECVD nitride lagen is ontwikkeld, wat een belangrijk element vormt in het fabricage proces. Deze nitride lagen worden onder andere gebruikt voor etsmaskeringen van golfgeleiders en passivatie van detectoren. Lage halfgeleider-metaal contact-weerstanden zijn ontwikkeld, wat een belangrijke schakel vormt voor de hoogfrequente eigenschappen. Als eerste toepassing van een geïntegreerde optische ontvanger wordt een polarisatie diverisity netwerk en de integratie met detectoren beschreven. Het polarisatie diversity netwerk bestaat uit polarisatie splitters, optisch kruisende golfgeleiders en 3 dB vermogenskoppelaars: een circuit noodzakelijk voor coherente detectie. Een polarisatie splitsing van 10-15 dB is bereikt over het golflengte gebied van 1525-1565 nm. De 3 dB splitsverhouding blijft binnen 0.5 dB over hetzelfde golflengte gebied. De totale verliezen van het passieve optische circuit blijven beneden de 5 dB. Als tweede toepassing wordt een 4 kanaals golflengte demultiplexer geïntegreerd met detectors. De demultiplexer bestaat uit een phased array demultiplexer waarbij multi-mode golfgeleiders zijn gebruikt voor het verkrijgen van een vlakke passband. Speciale aandacht is geschonken aan het detector ontwerp om deze vlakke responsititeit te behouden. Hybride integratie met een Si bipolare transimpedantie versterkerarray is gerealiseerd, waarbij een bandbreedte van 1 GHz per kanaal is gemeten. Een gevoeligheid van -39.5 dBm @ 1.2 Gb/s is bereikt door middel van optische voorversterking. Tot slot wordt een polarisatie onafhankelijke 8 kanaals demultiplexer beschreven, waarbij detectoren zijn geïntegreerd waarvoor een bandbreedte van meer dan 10 GHz is gemeten.

* * *

INTEGRATED SMART SENSOR CALIBRATION

G. van der Horn
27 juni 1997
Promotoren: prof. dr. ir. J.H. Huijsing

Dit proefschrift beschrijft diverse mogelijkheden om een kalibratiefunctie in slimme sensoren ('smart sensors') te integreren. Verscheidene aspecten zijn in de voorgaande hoofdstukken aan bod gekomen: de configuratie van geïntegreerde slimme sensoren, de kalibratie en de linearisatie van de signaal-overdrachtsfunktie en kalibratieschakelingen die gebruik maken van, respectievelijk, analoge

signaalbewerking, van sigma-delta analoog-digitaal omzetters (ADC's) of van digitale signaalbewerking. Deze aspecten worden hieronder kort samengevat. Dankzij de snelle ontwikkelingen in de techniek van geïntegreerde schakelingen (ICs), zijn de mogelijkheden van elektronische signaalbewerking enorm toegenomen. De krachtige elektronische signaalbewerking zou ook rechtstreeks toegepast kunnen worden op niet-elektrische signalen, door gebruik te maken van elektrische sensoren. Dit biedt vele nieuwe toepassingsmogelijkheden, bijvoorbeeld om de functionaliteit van apparaten uit te breiden of de betrouwbaarheid te vergroten. Deze ontwikkeling zal gestimuleerd worden bij beschikbaarheid van sensoren die eenvoudig toepasbaar en goedkoop zijn. Door silicium sensoren (IC-compatible) te combineren met geïntegreerde elektronische functies, in zogeheten 'integrated smart sensors', kan dit worden gerealiseerd. Om toepassing van sensoren, bijvoorbeeld in combinatie met PC's of microcontrollers, te vereenvoudigen, is het wenselijk dat zij beschikken over een standaard uitgangssignaal en een digitale bus aansluiting ('bus interface'). In een produktieproces vergt de standaardisatie van de signaal-overdrachtsfunktie echter voor iedere sensor een kostbare individuele kalibratie. In een meetopstelling en met behulp van een fysisch referentiesignaal, wordt dan bij een aantal ingangs-signaalniveaus het sensor-uitgangssignaal gemeten. Op basis van deze kalibratie-meetpunten, worden dan de sensoreigenschappen aangepast, bijvoorbeeld door middel van 'laser-trimming', zodanig dat de gewenste standaard overdrachtsfunktie verkregen wordt. Door het integreren van een digitaal programmeerbare kalibratie-schakeling en een digitale bus-interface-schakeling op elke slimme sensor, wordt het mogelijk om vele sensoren tegelijk, computergestuurd, te kalibreren. Bij de fabricage van nauwkeurige sensoren kan, met een dergelijke automatisering van de kalibratie, een reductie in de produktiekosten per sensor bereikt worden.

Door de grote verscheidenheid aan sensoren, bestaat er ook een grote variatie aan sensor-uitgangssignalen. Bovendien vindt men zelfs bij hetzelfde type, per sensor, verschillen in de uitgangssignaalniveaus. Voor omzetting naar het gewenste standaard uitgangssignaal dat over een digitale bus door een microcontroller of computer uitgelezen kan worden, dient een viertal functies in de slimme sensor geïntegreerd te worden. Ten eerste dient het, over het algemeen zwakke, sensorsignaal omgezet te worden naar een sterk spannings- of stroomsignaal, met behulp van een specifieke analoge sensor-uitleesschakeling (interface). Vervolgens dient het analoge signaal omgezet te worden naar een digitaal signaal door middel van een analoog-digitaal (AD) conversie. Het gebruik van een zogeheten sigma-delta AD-omzetter biedt in dit geval een aantal belangrijke voordelen: er zijn weinig componenten voor nodig, een hoge resolutie is haalbaar en het digitaal uitgangssignaal is klok-synchroon en serieel (pulsreeks). Ten derde zou een slimme sensor uitgerust moeten worden met een businterface-schakeling. Dit levert de mogelijkheid om, op eenvoudige en goedkope wijze (weinig bedrading), een meetsysteem op te zetten met meerdere sensoren. De eenvoudige 'inter-integrated-circuit' (12C) bus is hiervoor geschikt, alhoewel alleen bedoeld voor communicatie van in bytes-gecodeerde signalen. De speciaal ontwikkelde 'integrated- smartsensor' (IS2) bus biedt de mogelijkheid om met nog minder componenten een bus-interface te integreren, door ook de communicatie van digitale pulsreeksen en zelfs van analoge signalen toe te staan. Tot slot dient ergens in bovenstaand signaalpad een correctie plaats te vinden van de fouten in de signaal-overdrachtsfunctie van de sensor, zodanig dat de gewenste (standaard) overdrachtsfunctie gerealiseerd wordt. Het is gewenst om deze correctie digitaal programmeerbaar te maken. In dat geval kunnen de kalibratiemetingen en de correctie makkelijk geautomatiseerd worden. Door de busaansluiting op iedere sensor kan zo'n kalibratie bovendien voor veel sensoren tegelijk worden uitgevoerd ('batch'-kalibratie). Het is dus gewenst de mogelijkheden te onderzoeken voor integratie van een digitaal programmeerbare kalibratieschakeling, passend in het beschreven concept van een slimme sensor.

De fouten die in de overdrachtsfunktie, van fysisch ingangssignaal naar elektrisch uitgangssignaal, kunnen voorkomen zijn op verschillende manieren te onderscheiden. We kunnen verschillende soorten fouten typeren, te weten; nulverschuiving (offset), schaalfout (scale), niet-lineariteit, kruisgevoeligheid of overspraak (cross-sensitivity), hysterese en verloop van de sensoreigenschappen in de tijd (drift). Sommige van deze fouten, met name drift en hysterese, kunnen niet eenvoudig met behulp van een kalibratie gecorrigeerd worden. Andere methodes, bijvoorbeeld auto-kalibratie, zullen dan onderzocht of gezocht moeten worden. Het is verstandig in alle gevallen onderscheid te maken tussen systematische en willekeurige fouten (gemiddelde en spreiding). De eerste dient bij voorkeur ook systematisch

geëlimineerd of gecorrigeerd te worden, zodat alleen de willekeurige fouten resteren voor correctie door middel van een kalibratie. De kalibratie is dus niet per se bedoeld om het sensor-uitgangssignaal te relateren aan het fysisch ingangssignaal (definitie), maar juist om de spreiding in de overdrachtsfunktie van een set geproduceerde sensoren binnen een beperkte foutmarge te krijgen. Binnen deze foutmarge vertonen al deze sensoren dan, na kalibratie, een standaard signaaloverdracht. De fouten in de overdrachtsfunktie, ten opzichte van de ideale, lineaire functie, kunnen ook onderscheiden worden in lineaire (bijv. offset, schaal, en temperatuurs-coëfficiënten) en niet-lineaire fouten (vervorming). De fouten van de eerste soort kunnen meestal op eenvoudige wijze gekalibreerd worden, aan de hand een paar kalibratie-meetpunten. Voor de tweede soort is een geavanceerdere kalibratie nodig en gebruik van een linearisatie-techniek. Hiervoor kunnen verschillende linearisatiemethoden toegepast worden, gebaseerd op bijvoorbeeld een opzoek-tabel (look-up table), op partieel-lineaire (piece-wise linear) interpolatie, op partieel-polynomische interpolatie (splines), of op een volledige functie-interpolatie. De eerste twee methoden hebben als nadeel dat een groot aantal kalibratie-meetpunten nodig zijn om een bepaalde niet-lineariteit te corrigeren, wat zich in een sensorproduktie vertaalt in hoge kosten voor de Kalibratie. De laatste twee methoden vereisen meer berekening, maar lineariseren beter bij gebruik van relatief weinig meetpunten. Als nadeel geldt dat eerst alle meetpunten bepaald moeten worden voordat de kalibratiecoëfficiënten voor de correctiefunktie berekend kunnen worden. Uitbreiding van het aantal meetpunten vereist dan een volledige herberekening. Om die reden wordt een aangepaste polynomische linearisatie-methode voorgesteld, aangeduid als 'progressive polynomial calibration'. Bij het eerste meetpunt wordt dan onmiddellijk gecorrigeerd voor offset. De resulterende functie wordt bij het volgende meetpunt gecorrigeerd voor de schaalfout, zonder de eerste correctie te verstoren. Bij elk volgend meetpunt wordt een polynomische linearisatiefunctie van een hogere orde opgebouwd. Deze is telkens zodanig gebaseerd op de vorige correctiefunktie dat alle voorgaande correcties geldig blijven. De gekalibreerde overdracht nadert zo stapsgewijs de gewenste overdrachtsfunktie. De kalibratiemethode kan ook 'twee-dimensionaal' worden toegepast, dat wil zeggen voor sensoren met (kruis)gevoeligheid voor een ander dan het gewenste fysisch ingangssignaal.

Met gebruikmaking van digitaal-analoog omzetters (DAC's) kan op digitaal te programmeren manier in het analoge signaalpad gecorrigeerd worden. In rechttoe rechtaan ontworpen analoge schakelingen, gecombineerd met DAC'S, kan zo bijvoorbeeld de offset en de schaal digitaal geprogrammeerd worden, alsmede de temperatuurscoëfficiënt van beide. Nadeel van deze implementaties is dat bij de offsetcorrectie rekening gehouden moet worden met het effect op de schaalfout en viceversa. Met behulp van de eerder voorgestelde kalibratiemethode, kan dit verholpen worden. De stapsgewijze polynomische kalibratie kan in een analoge kalibratie-schakeling geïmplementeerd worden, zoals aangetoond met de realisatie van een analoge signaalprocessor. Deze schakeling maakt het mogelijk om in vier stappen, c.q. kalibratie-meetpunten, een derde-orde polynomische linearisatie te verkrijgen. De resolutie van de kalibratiecoëfficiënten is door de gebruikte DACs beperkt tot 8 bit. Voordeel is dat de ruime bandbreedte van de analoge overdracht behouden kan blijven. In het algemeen heeft deze analoge signaalbewerkingstechniek voor deze toepassing beperkingen wat betreft resolutie en uitvoering van geavanceerdere kalibratietechnieken (zoals hogere orde polynomische linearisatie). Met behulp van pulsmodulatie-technieken kunnen AD- en DA-conversies met veel hogere resoluties uitgevoerd worden. Sigma-delta modulatoren kunnen worden gebruikt om een signaal om te zetten naar een digitale (één-bits) pulsreeks, waarvan de quantisatiefout een naar hogere frequenties in het spectrum geschoven is (noise-shaping). Dit kan zowel toegepast worden voor de omzetting van een analoog signaal (sigma-delta AD-omzetters), alsook van een digitaal signaal (digitale sigma-delta modulator, ook gebruikt voor DA-omzetters). Beide technieken kunnen fraai gecombineerd worden in een kalibratieschakeling. Het analoge ingangssignaal van een sigma-delta AD-omzetter wordt gemoduleerd met een digitaal gegenereerde pulsreeks. Zo kan de gemiddelde (laagfrequent) bijdrage van het ingangssignaal digitaal, en desgewenst ook zeer nauwkeurig, ingesteld worden. Door op deze wijze meerdere gemoduleerde analoge signalen op te tellen aan de ingang van de sigma-delta AD-converter, wordt een programmeerbare overdracht gerealiseerd. Dat deze techniek goed gecombineerd kan worden met de overige schakelingen benodigd in een slimme sensor, wordt aangetoond met de volledige integratie van een temperatuur (PTAT) sensor, AD-omzetter, digitale kalibratie-schakeling en een IS2 bus interface. Ook hier gelden beperkingen, niet zozeer wat betreft

resolutie, maar wel wat betreft toepassing van geavanceerdere linearisatie technieken.

Het is aantrekkelijk om de voorgestelde stapsgewijze polynomische kalibratiemethode uit te voeren met digitale signaalbewerking. Een voordeel is dan dat voor de signaalbewerking een hoge resolutie gebruikt kan worden. Bij implementatie van de methode in een digitale schakeling (hardware) zal een grote gelijkenis blijken met de 'arithmetic logical unit' (ALU) architectuur zoals toegepast in standaard microcontrollers en microprocessoren. Het verdient dan ook de voorkeur om de kalibratiemethode te implementeren in software voor een standaard low-cost microcontroller. Dit biedt ook meer flexibiliteit en de mogelijkheid om geavanceerdere linearisatie-technieken toe te passen. De polynomische kalibratiemethode is uitgewerkt voor toepassing op bijvoorbeeld druksensoren met een ongewenste temperatuursgevoeligheid. In dit geval wordt de overdrachtscurve gerepresenteerd door een tweedimensionale functie, het sensor-uitgangssignaal als functie van de druk en de temperatuur. Ook dan kan de stapsgewijze polynomische kalibratie worden toegepast, zodanig dat bij elke meetpunt één nieuwe kalibratiecoëfficiënt wordt berekend. Er wordt bij elke stap één polynomische correctiefactor aan de kalibratiefunctie toegevoegd, zonder de voorgaande correcties te verstoren. Dit is uitgewerkt in een compact microcontrollerprogramma, dat is getest voor diverse fictieve sensoroverdrachtsfunkties. Tot aan een aantal van 7x7 meetpunten is de reductie van de niet-lineariteit geverifieerd. Bij een druksensor voorbeeld met een initiële fout van 50% van de volle schaal, wordt deze fout gereduceerd tot onder de 0,1%. De berekening van een op 5x5 meetpunten gebaseerde (floating-point) correctie vergt ongeveer 30ms processortijd in de gebruikte low-cost microcontroller (8-bit, 12 MHz). De bandbreedte van het gekalibreerde sensor-uitgangssignaal wordt hierdoor dus aanzienlijk beperkt. Voor toepassing op echte druksensoren wordt een slimme sensor configuratie voorgesteld bestaande uit druksensor, microcontroller en een druksensor-uitleesschakeling gecombineerd met een temperatuursensor. Voor low-cost integratie van deze drie componenten in één IC of 'multichip-module' (MCM) is nog verdere ontwikkeling vereist. In dat geval kunnen slimme druksensoren gefabriceerd worden die zeer nauwkeurig gekalibreerd zijn, terwijl de kosten voor de kalibratie, in geval van massaproductie, laag zijn ten opzichte van de momenteel toegepaste kalibratietechnieken.

POSEIDON: A SIMULATOR FOR OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR DEVICES

J.L. Pleumeekers
27 juni 1997
Promotoren: prof. dr. M. Kleefstra en prof. dr. B.H. Verbeek

Telecommunicatie bedrijven gebruiken in toenemende mate glasvezels voor het verzenden van gegevens, vanwege de hoge bandbreedte en lage verliezen van glasvezel verbindingen. Halfgeleider componenten worden gebruikt in glasvezel netwerken voor het genereren, versturen en detecteren van de optische signalen, omdat ze een interactie met de optische golven kunnen aangaan, weinig vermogen verbruiken, tot zeer hoge frequenties gebruikt kunnen worden en redelijk goedkoop te produceren zijn. De snelle vooruitgang in halfgeleider fabricatie technologie gedurende de laatste jaren heeft geleid tot de ontwikkeling van nieuwe optoelektronische componenten. Veel van deze componenten hebben zogeheten quantum put lagen om hun functie te vervullen of te verbeteren. De fysische processen die optreden in optoelektronische halfgeleider componenten zijn dermate ingewikkeld dat het moeilijk is om het gedrag van een component volledig te begrijpen of om manieren te bedenken om de prestaties van een component te verhogen. Dit kan vergemakkelijkt worden door gebruik te maken van simulatie programma's, die inzicht kunnen verschaffen in de interne fysische mechanismen die optreden in optoelektronische componenten en ook de invloed van veranderingen in bepaalde ontwerpparameters op de prestaties van een component kunnen evalueren. Er bestaan nog geen commerciële simulatie programma's om willekeurige optoelektronische componenten te analyseren. Het doel van dit proefschrift is om zo'n simulatie programma te ontwikkelen. Het programma hebben we POSEIDON (Program for Optoelectronic SEmIconductor Device simulatiONs) genoemd.

Ten einde een groot aantal verschillende halfgeleider componenten te kunnen simuleren, bevat POSEIDON veel fysische processen, zoals bulk halfgeleider fysica, quantum put fysica, gespannen laag fysica, heterojunctie transport, excitonen, golfgeleider optica, optische versterking en optische absorptie. Dit maakt het mogelijk om met POSEIDON simulaties te verrichten voor halfgeleider optische versterkers (SOAs), elektroabsorptie modulatoren (EAMs), zelf

elektro-optisch effect componenten (SEEDs), fotorefractieve componenten (PRDs), avalanche fotodiodes (APDS) en, tot op zekere hoogte, voor beter bekende componenten zoals veld-effect transistoren (JFET, MOSFET, HEMT) en bipolaire transistoren (BJT, HBT). De bovengenoemde fysische processen worden beschreven met **een** set van gekoppelde niet-lineaire differentiaal vergelijkingen. Om deze vergelijkingen op te lossen worden ze gediskretiseerd in tijd en ruimte met, respectievelijk, een achterwaartse Euler methode en een flux-behoudende gecentreerde eindige differentie methode. De resulterende set van gekoppelde niet-lineaire algebraïsche vergelijkingen wordt gelineariseerd en opgelost met een gekoppelde iteratieve Newton-methode. De numerieke methode is geïmplementeerd in het computer programma POSEIDON, dat op SUN, IBM, HP, DEC en CRAY werkstations gebruikt kan worden.

In dit proefschrift is POSEIDON gebruikt om halfgeleider optische versterkers (SOAS) gemaakt van GaInAs(P) materialen te analyseren. Eerst werd de laterale lekstroom in bulk SOAs onderzocht. Dit leidde tot een verklaring voor een experimenteel waargenomen optische emissie. Daarna werd het interne en externe gedrag van bulk SOAs beschreven, waarbij het belang van de versterkte spontane emissie (ASE) duidelijk naar voren kwam. Simulatie resultaten voor SOAs gebruikt als versterkers, intensiteit modulatoren en golflengte convertoren werden ook getoond. Vergelijkingen tussen simulatie en experimentele resultaten lieten een goede overeenkomst zien. Multi-quantum put SOAs werden gesimuleerd om de verdeling van de ladingsdragers over de verschillende quantum putten te onderzoeken en het dynamische gedrag van de ladingsdragers in deze structuren te bestuderen. Simulatie resultaten lieten zien dat de gaten de verdeling bepalen door hun grotere massa en de grote valentieband discontinuïteit. De elektronen zijn lichter en mobieler en volgen daarom de gat verdeling als gevolg van de Coulomb aantrekkingskracht van de positief geladen gaten. Dit resulteert in een niet-uniforme verdeling van de ladingsdragers over de quantum putten De putten aan de p-kant van de structuur bevatten meer elektronen en gaten dan de putten aan de n-kant. Deze niet-uniforme verdeling hangt sterk af van de invangtijd van gaten in de quantum put, de gat mobiliteit en het aantal quantum putten in de structuur. Tijdsafhankelijke simulaties lieten zien dat het dynamische gedrag van de ladingsdragers in multi-quantum put structuren erg ingewikkeld is en dat de ladingsdrager hersteltijd niet van de quantum put invangtijd afhangt maar gelimiteerd is door de aangelegde stroomsterkte. Een paar simulaties werden uitgevoerd voor EAMs en APDS. Echter, het doel van deze simulaties was om de mogelijkheden van POSEIDON te laten zien en daarom is er geen uitgebreide analyse van deze componenten gemaakt en zijn er ook geen vergelijkingen met metingen uitgevoerd. De simulatie resultaten voor EAMs toonden aan dat deze component kan werken met een lage spanning en tot op hoge snelheid, maar dat het modulatie gedrag sterk golflengte afhankelijk is.

Simulatie resultaten voor APDs lieten zien dat de snelheid van de component begrensd wordt door thermionische emissie van gaten over de heterojunctie. De verkregen simulatie resultaten laten duidelijk zien dat POSEIDON gebruikt kan worden als hulpmiddel bij het analyseren van actieve optoelektronische halfgeleider componenten. De behoefte aan het simulatie programma blijkt ook uit het feit dat een aantal onderzoekslaboratoria POSEIDON reeds gebruikt of dit binnenkort wil gaan doen.

A TEST METHOD FOR ANALOG CIRCUITS USING SENSITIVITY ANALYSIS AND THE SINGULAR VALUE DECOMPOSITION

J. van Spaandonk
5 september 1996
Promotoren: prof. dr. ir. W.M.G. van Bokhoven en prof. dr. ir. R.H.J.M. Otten

Dit proefschrift presenteert een methode voor het testen van analoge circuits die bruikbaar is voor zowel diagnostisch testen als de verificatie van hoog-niveau circuitgedrag. De methode is gebaseerd op een benadering van de eerste orde (i.e. een lineair model) van het niet-lineaire circuitgedrag. Zodoende is de methode bruikbaar als de deviaties van de circuitparameters (veroorzaakt door deviaties in het produktieproces) relatief klein zijn, hetgeen vaak het geval is bij analoge circuits. Het gelineariseerde circuitgedrag wordt beschreven door een modelmatrix, die wordt verkregen door, bijvoorbeeld, het berekenen van eerste orde gevoeligheden. Een complete orthogonale decompositie van de modelmatrix wordt gevonden door het berekenen van zijn Singuliere Waarde Ontbinding (SWO). Deze decompositie vormt de basis van de in dit proefschrift gepresenteerde methoden. Een beperkte toegankelijkheid voor metingen van een circuit geeft aanleiding tot redundante factoren in het genoemde lineaire model. Deze worden geëlimineerd door alleen de meest belangrijke orthogonale componenten van de SWO van de modelmatrix te behouden. Een directe methode wordt gepresenteerd, die één meting kiest voor elk van deze orthogonale componenten. Om het aantal benodigde metingen te bepalen wordt zowel de toegankelijkheid voor metingen als de grootte van random meetfouten in acht genomen. De directe methode kan ook gebruikt worden om testbare circuitcomponenten te selecteren, om de testbaarheid van een circuit te analyseren.
Verder wordt een iteratief algoritme gepresenteerd dat metingen probeert te selecteren die de invloed van random meetfouten minimaliseren. Het algoritme is gebaseerd op het D-optimalisatiecriterium. Het iteratieve algoritme bereikt betere resultaten dan de directe aanpak. Dit is voornamelijk te danken aan het feit dat het een complete set metingen optimaliseert. Daarentegen selecteert de genoemde directe aanpak de metingen één voor één, waarbij telkens slechts de laatst geselecteerde meting geoptimaliseerd wordt. Het iteratief algoritme past ook het aantal metingen aan, waarbij rekening wordt gehouden met de verwachte grootte van de random meetfouten. Aan de hand van een voorbeeld wordt gedemonstreerd dat de iteratieve methode betere resultaten behaald dan een reeds bestaande methode die gebaseerd is op de QR decompositie.
De besproken methodieken werden geïmplementeerd in een computerprogramma, hetwelk een testbaarheids-analyse en/of selectie van metingen kan uitvoeren voor een verscheidenheid aan circuits. Dit proefschrift presenteert verschillende voorbeelden die het gebruik van de methode voor zowel diagnostisch testen als pass/fail produktietesten demonstreren. Geconcludeerd mag worden dat de combinatie van de SWO van een lineair circuitmodel met het genoemde iteratief algoritme resulteert in een methode die optimaal omgaat met de beperkte toegankelijkheid voor metingen van een circuit. Bovendien selecteert de methode het kleinste aantal metingen en reduceert ze maximaal de invloed van random meetfouten. Zodoende staat de methode een verificatie van het circuitgedrag toe met slechts enkele metingen. De methode is zelfs toepasbaar in het geval van grote meetfouten, omdat de geselecteerde metingen van hoge kwaliteit zijn en bovendien hun aantal geoptimaliseerd wordt.

* * *

ANALOG DESIGN AUTOMATION USING GENERIC ALGORITHMS AND POLYTOPES

M.W. Kruiskamp
11 september 1996
Promotoren: prof. dr. ir. W.M.G. van Bokhoven en prof. dr. ing. J.A.G. Jess

Moderne geïntegreerde schakelingen (IC's) bestaan uit een groot digitaal deel en een klein analoog deel. Het ontwerp proces van dit analoge deel is slecht geautomatiseerd, in tegenstelling tot het ontwerp proces van het digitale deel. Een moeilijkheid bij het ontwerpen is het kiezen van een juiste circuit topologie. Deze topologie legt vast hoe kleine circuits met elkaar verbonden zijn. Het feit dat de circuits elkaar beïnvloeden maakt het moeilijk op voorhand

de beste keuze te maken. Nadat een geschikte topologie is gekozen kunnen de kleinere circuits geoptimaliseerd worden om een goed werkend geheel te krijgen. Pas na deze optimalisatie is het duidelijk hoe geschikt de gekozen topologie is. In bestaande automatische programma's wordt de topologie keuze over het algemeen verricht door een data bank (knowledge-base) waarin expert-kennis zit opgeslagen. Het nadeel hiervan is dat de kennis constant moet worden aangepast aan nieuwe ontwikkelingen. Dergelijke ontwerp programma's zijn hierdoor niet flexibel in het gebruik. In dit proefschrift wordt een manier beschreven topologie selectie te combineren met de optimalisatie van de deelcircuits. Een aangepast genetisch algoritme blijkt hiervoor uitermate geschikt. Een populatie van willekeurige circuits evolueert hierin naar een populatie waarin de circuits zijn aangepast aan de eisen die een gebruiker aan het circuit stelt. Voor deze aanpak is weinig specialistische ontwerp kennis nodig. Het genetisch algoritme dat beschreven wordt in dit proefschrift wijkt af van de bestaande algoritmen. De ruimte waarin het algoritme zoekt naar een geschikte oplossing wordt namelijk van te voren beperkt tot een gebied waar de kans op een oplossing groot is. Deze ruimte wordt beschreven door middel van polytopen (veelvlakken). Het beschreven algoritme is hierdoor efficiënter dan veel andere genetische algoritmen. Het automatisch ontwerpen van schakelingen met de complexiteit van een opamp (een type circuit waaraan het grootste deel van dit proefschrift is geweid) is slechts een onderdeel van het totale ontwerp proces van een geïntegreerd circuit. In dit proefschrift is daarom tevens een discussie opgenomen over nog onopgeloste problemen in het automatisch ontwerpen van geïntegreerde schakelingen. Speciale aandacht wordt hierbij gegeven aan de mogelijkheden van stuksgewijs lineaire technieken en eigenschappen van polytopen bij het oplossen van deze problemen.

* * *

DISCRETE CODING STRATEGIES FOR TWO-WAY CHANNELS

A.H.A. Bloemen
17 september 1996
Promotoren: prof. dr. ir. J.P.M. Schalkwijk en prof. dr. E.C. van der Meulen

This thesis concerns the construction of coding strategies for two-way channels. On a two-way channel, both terminals transmit and receive information simultaneously. Each terminal uses an encoder and a decoder which are connected to each other: the decoder of each terminal has knowledge of the symbols sent by the same terminal's encoder, and the encoder has knowledge of the symbols received by the decoder of the same terminal. Coding strategies allow error-free communication on a two-way channel when both terminals are transmitting information simultaneously, without using a time-sharing protocol. Using a coding strategy, the encoder of each terminal may use the results of previous transmissions as received by the decoder to determine the next channel symbol to transmit on the channel. A discrete coding strategy is used when both terminals can choose messages from a finite message set. In this thesis, the binary multiplying channel (BMC) is used as the main example of a two-way channel. Different types of coding strategies are presented: discrete coding strategies, save-up strategies and bootstrap strategies. In discrete strategies, all information in each single message of each terminal is transmitted. In a save-up strategy, the transmission of part of the information content of a message is delayed, until it is possible to transmit it at a better transmission rate. In a bootstrap strategy, part of the information content of a message which can only be transmitted at a rate below the average transmission rate is re-encoded in such a way that it can be transmitted at the average transmission rate. Much attention is paid to the construction of coding strategies, and to their use in practical two-way communication situations. The final chapters of this thesis discuss various extensions to the two-way channel model, like changes to the feedback capabilities of each terminal, ternary two-way channels, three-way channels and two-way channels with delay.

* * *

SYSTEM SPECIFICATION AND PERFORMANCE ANALYSIS

L.P.M. Benders
24 september 1996
Promotoren: prof. ir. M.P.J. Stevens en prof. dr. ing. J.A.G. Jess

Dit onderzoek definieert een methode en taal om embedded real-time systemen te specificeren en om aan de hand van de geschreven specificatie het

uiteindelijke tijdsgedrag te analyseren. De ontwikkelde taal Task Level (TL) is executeerbaar en heeft een semantisch interpretatiemodel. De taalconstructies zijn van die aard dat een herrangschikking van de specificatie op grond van de analyse-resultaten eenvoudig is. De methode en taal passen in bestaande ontwerptrajecten. Het onderzoek beperkt zich tot de analyse aan de hand van simulaties en besteedt geen aandacht aan synthese. Aan de hand van in dit onderzoek gedefinieerde criteria waaraan een embedded real-time specificatietaal moet voldoen, zijn bestaande hardware- en software-beschrijvingstalen geïnventariseerd. Op grond van de criteria en de resultaten van de inventarisatie is vervolgens de specificatietaal Task Level gedefinieerd. De ontworpen taal is voorzien van een aantal primitieven, constructies en objecten, die specificaties abstracter en meer hardware-onafhankelijk beschrijven. Task Level vereenvoudigt de specificatie van synchronisatie, communicatie, tijdsgedrag en interrupt-afhandeling. De semantiek van de taal TL is vastgelegd met gekleurde Petri netten. In dit onderzoek is bepaald welke informatie noodzakelijk is om het tijdsgedrag te meten en knelpunten in dat tijdsgedrag te kunnen inventariseren. De ontwikkelde tijdsgedraganalyse maakt gebruik van de gekleurde Petri net (CP-net) beschrijving van de TL-specificatie. Een aantal meetmodulen dat de informatie verzamelt, wordt in de CP-netcode van de specificatie ingebracht. Deze modulen hebben geen invloed op het tijdsgedrag en de semantiek van de originele specificatie. Een simulatie met ExSpect, een CP-net-gereedschap ontwikkeld bij de faculteit Informatica van de Technische Universiteit Eindhoven, genereert vervolgens de tijdsgedrag-informatie. Deze informatie ken aanleiding zijn om de specificatie te herschrijven.

Voor de implementatie van de definitieve specificatie is het noodzakelijk dat deze afgebeeld wordt op een beschrijving die aangeboden kan worden aan bestaande ontwerpgereedschappen. De TL-specificatie van het hardware deel wordt naar de hardware-beschrijvingstaal VHDL vertaald. Hiervoor zijn een aantal VHDL-modellen ontwikkeld, die de semantiek van de TL-constructies volgen. De ontwerper kan architectuur-informatie aan sommige modellen toevoegen. De complexiteit van deze VHDL modellen illustreert de kracht van TL. Een vertaalmodel van de TL-specificatie van de software naar software is nog niet ontwikkeld. In dit onderzoek zijn een aantal eenvoudige ontwerpen met TL gespecificeerd en geanalyseerd. Daarbij is gebruik gemaakt van in dit onderzoek ontwikkelde compiler-gereedschappen om de verschillende beschrijvingen op elkaar af te beelden. De koppeling van de analyse-gereedschappen met een gereedschap dat executie-tijden in de implementatie voorspelt, is noodzakelijk om een goede afbeelding op hardware en software te maken en de specificatie te verdelen over processoren en 'dedicated' hardware. Zo'n gereedschap moet nog ontwikkeld worden.

* * *

HARDWARE/SOFTWARE CODESIGN: AN INDUSTRIAL APPROACH

J. van den Hurk
30 september 1996
Promotoren: prof. ir. M.P.J. Stevens en prof. dr. ing. J.A.G. Jess

Van 1991 tot 1996 is bij het Philips Semiconductors Product Concept en Applicatie Laboratorium in Eindhoven (PCALE) onderzoek verricht aan nieuwe, hiërarchische ontwerpmethodieken voor geïntegreerde schakelingen (IC's). Deze methoden werden in eerste instantie opgezet voor het ontwerpen van digitale IC's, en ze blijken grote voordelen te hebben ten aanzien van ontwerpproductiviteit, "Time-to-Market" en "first-time right design". Deze begrippen zijn voor de halfgeleider industrie in toenemende mate van belang geworden. In de loop der tijd werden, naast de bruikbaarheid ("supportive quality") van de methode voor het ontwerpen van digitale hardware, ook voornoemde voordelen aangetoond. Hetzelfde werd gedaan voor toepassing van de methode op het simultaan ontwerpen van digitale hardware en bijbehorende besturings-software, zogenaamd hardware / software codesign, en voor het ontwerpen van gecombineerd analoog / digitale schakelingen.

De onderzochte hiërarchische ontwerpmethoden zijn gebaseerd op deels informele, maar merendeels formele ontwerpbeschrijvingen op verschillende abstractie-niveau's, om aldus een ontwerpprobleem hanteerbaar te maken. In de literatuur worden dergelijke hiërarchische methoden voor het ontwerpen van digitale IC's als gangbaar beschouwd, toepassing op het ontwikkelen van besturings-software en analoge hardware is echter nieuw. In de praktijk blijkt dat de methode niet ten volle benut wordt, zelfs niet voor het ontwerpen van digitale IC's. De voornaamste reden hiervoor is dat het toepassen

van hiërarchische methoden niet altijd vanzelfsprekend is. Formele ontwerpbeschrijvingen op hogere abstractie-niveau's werken ogenschijnlijk eerder vertragend dan versnellend voor het ontwerpproces. De hogere beschrijvingsniveau's worden in de praktijk daarom vaak achterwege gelaten, en ontwerpers beginnen hun werk op "register-transfer" niveau (RTL). Schijn bedriegt hier echter, aangezien zelfs individuele ontwerpen op RTL niveau bij de hedendaagse complexiteit slechts uiterst moeizaam hanteerbaar zijn. Het is dientengevolge uitgesloten dat systeemniveau ontwerp, zoals hardware / software codesign of gecombineerd analoog / digitaal ontwerp, op RTL niveau zou kunnen plaatsvinden. Bovendien is er sprake van een verhoogd risico op ontwerpfouten, indien bij het ontwerpen wordt uitgegaan van een RTL beschrijving als formele specificatie. De kans op functionele fouten is zelfs aanzienlijk groter dan bij ontwerpen waarvoor systeem niveau gedrags-beschrijvingen worden gemaakt. Functionele ontwerp-fouten hebben over het algemeen desastreuze gevolgen voor de productiviteit en de doorlooptijd van projecten, aangezien ze de directe aanleiding kunnen zijn voor redesigns.

Het onderzoek, dat in dit proefschrift wordt gepresenteerd, heeft zich toegespitst op de toepassing van hiërarchische ontwerpmethoden, inclusief de formele beschrijvingen op hogere abstractie-niveau's. Het onderzoek heeft daartoe plaatsgevonden in drie opeenvolgende, deels overlappende fasen, waarbij uitsluitend gebruik is gemaakt van commercieel verkrijgbare formalismen, ontwerpgereedschappen, en hulpmiddelen:

- allereerst is onderzoek verricht aan de toepassing van de methode op het ontwerpen van digitale IC's. Een vijftal ontwerpen is volgens de methode voltooid, en voor elk ontwerp is de "supportive quality" van de methode op zowel kwalitatieve als kwantitatieve wijze geëvalueerd

- vervolgens is gekeken naar de "supportive quality" van de methode voor zogenaamd hardware / software codesign. Met een uitbreiding op de oorspronkelijke methode is een vijftal ontwerpen uitgevoerd, waarbij hardware en besturings-software ont-wikkelingen simultaan plaatsvonden. Aldus is ook de "supportive quality" van de methode aangetoond
- tenslotte is met een verdere uitbreiding op de methode een drietal gecombineerd analoog / digitale ontwerpen voltooid. Wederom is de "supportive quality" van de methode zowel kwalitatief als kwantitatief geanalyseerd.

De essentie van de hiërarchische ontwerpmethoden is ondanks de genoemde uitbreidingen niet veranderd, en met name de onderliggende ontwerpdiscipline is dezelfde gebleven. De introductie van nieuwe ontwerpgereedschappen heeft hierop geen invloed gehad, omdat deze steeds konden worden ingepast in de gevestigde discipline. Bovendien is een solide ontwerpdiscipline noodzakelijk bij het voorkomen van ontwerpfouten. Beide argumenten tonen aan dat een beproefde ontwerpdiscipline van vitaal belang is voor een zo hoog mogelijke productiviteit. Hiërarchisch ontwerpmethoden voorzien in een hoge mate van ontwerpondersteuning, zowel in kwalitatieve als kwantitatieve zin. In de kwalitatieve zin ondersteunen de gepresenteerde methoden alle fasen in de "product life cycle" van een elektronisch product, van analyse van de productvereisten, tot aan technische ondersteuning van de gebruikers van het uiteindelijke product. Bovendien maken deze methoden het mogelijk om met hedendaagse, commercieel verkrijgbare formalismen en gereedschappen zowel digitaal hardware ontwerp, als hardware / software codesign en gecombineerd analoog / digitaal ontwerp aan te pakken. In de kwantitatieve zin hebben hiërarchisch methoden bovendien significant bijgedragen aan een aanzienlijke groei in de ontwerpproductiviteit. Gedurende de zes jaar durende observatieperiode is het aantal vierkante millimeters genormaliseerde complexiteit, dat een ontwerper per week realiseert, zelfs met meer dan een factor vijf gestegen. Mede hierdoor zijn ontwerpers in staat gesteld de immer groeiende complexiteit van ontwerpen te bolwerken. Daarenboven is het aantal benodigde iteratieslagen in de vorm van redesigns effectief gereduceerd. De genormaliseerde complexiteit van de onderzochte ontwerpen is gedurende de observatieperiode, 1991-1996, gestegen met ongeveer 38% per jaar. De genormaliseerde complexiteit representeert het silicium oppervlak van een ontwerp, genormaliseerd naar de geometrische dichtheid die met een bepaalde IC technologie bereikt kan worden. De stijging met 38% op jaarbasis resulteert in een complexiteitsstijging van ongeveer twee orden van grootte per decennium. Tegelijkertijd is de doorlooptijd van ontwerpprojecten verminderd met zo'n 6.5% per jaar, enerzijds door uitbreiding van het aantal ontwerpers dat simultaan aan een ontwerp werkt, anderzijds door een verbeterde individuele

productiviteit. De ontwerpproductiviteit, uitgedrukt in het aantal ontwerpen dat een ontwerpteam per jaar completeert. is echter niet voldoende gestegen om de omzetdoelstellingen voor de halfgeleider-industrie aan het einde van deze eeuw binnen bereik te brengen. Bovendien is het, gezien de onophoudelijke jaarlijks prijs-erosie, hoogst onwaarschijnlijk dat de waarde van halfgeleiderproducten zal stijgen. Voor fabrikanten van halfgeleiderproducten is het daarom raadzaam om de ontwerpcapaciteit uit te breiden teneinde de omzetdoelstellingen te halen en marktaandeel te behouden. Het aantal ontwerpen per ontwerper per jaar is gedurende de observatieperiode licht gedaald met ongeveer 1.4% per jaar. Ondanks de introductie van nieuwe methoden en ontwerpgereedschappen is de productiviteit van de individuele ontwerper dus blijkbaar maar nauwelijks voldoende gestegen om de groei in complexiteit bij te benen. Voortdurende investeringen in de ontwikkeling van nieuwe ontwerpmethoden en gereedschappen zijn daarom noodzakelijk. Bovendien is het raadzaam om zo spoedig mogelijk de toepasbaarheid van ontwerpgereedschappen op hoge abstractie-niveau's, zoals onder meer architectuur synthese, in de praktijk te toetsen. Door deze stap zou de ontwerpfocus zich namelijk kunnen verplaatsen naar het niveau van gedragsbeschrijvingen, waar de productiviteit van de individuele ontwerper momenteel het hoogst is. De trend analyses, die op de gevonden ontwerpresultaten zijn uitgevoerd. hebben geleid tot het opstellen van modellen. die het schatten van planningen voor ontwerpprojecten ondersteunen. De modellen maken het mogelijk om uitgaande van een schatting van de genormaliseerde complexiteit van een ontwerp een voorspelling te doen van de benodigde ontwerp-inspanning uitgedrukt in mensweken. Uitgaande van deze voorspelling kunnen vervolgens een verwachte doorlooptijd en een schatting van de benodigde gemiddelde menskracht berekend worden. Op vergelijkbare wijze kan, indien noodzakelijk, een planning voor elk van de opeenvolgende fasen van een ontwerpproject geschat worden.

* * *

THE APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS TO HIGH-LEVEL SYNTHESIS

M.J.M. Heijligers
23 oktober 1996
Promotoren: prof. dr. ir. W.M.G. van Bokhoven en prof. dr. ing. J.A.G. Jess

De toenemende complexiteit van de hedendaagse chips en de economische druk om snel met nieuwe ontwerpen te komen, zorgen ervoor dat er een toenemende behoefte bestaat om op een hoger niveau van abstractie te ontwerpen. Hoog-niveau synthese biedt de chip ontwerper de mogelijkheid om vanuit een functionele beschrijving geautomatiseerd een digitaal netwerk te genereren, met daarbij de mogelijkheid om hierbij allerlei restricties en doelstellingen mee te geven. De centrale problematiek binnen de hoog-niveau synthese bestaat uit het tijdsplanning en allocatie probleem, waarbij taken uit de functionele beschrijving toegewezen worden aan hardware welke deze taken kan uitvoeren, plus de tijdmomenten waarop deze hardware zo'n taak uitvoert. Tijdsplanning en allocatie probleem behoren tot een klasse van problemen die in de praktijk moeilijk oplosbaar zijn, en daarom moet naar methodes gezocht worden die in korte tijd goede kwaliteit oplossingen met betrekking tot de doelstellingen genereren, en welke voldoen aan de restricties die aan het ontwerp opgelegd zijn. Alvorens over methodieken te praten, wordt het tijdsplanning probleem formeel gedefinieerd. Hiervoor worden eerst de aan de tijdsplanning en allocatie gerelateerde hoog-niveau synthese objecten geïntroduceerd, en een object georiënteerd implementatie van deze objecten gepresenteerd. Het doel hiervan is flexibel met restricties en doelstellingen om te kunnen gaan, zodat de volgorde waarin en de manier waarop oplossingen gegenereerd worden, niet beperkt wordt door de representatie en opslag van deze synthese objecten.

Ten tweede is onderzocht hoe een groot deel van niet geldige oplossingen van het zoekproces uitgesloten kunnen worden, zonder daarbij alle optimale oplossingen uit te sluiten. Dit leidt tot de introductie van het begrip tijdsplanning interval, welke voor iedere operatie een interval van tijdstippen aangeeft waarin deze geplaatst mag worden. Extra aandacht wordt besteed aan de doorstroom snelheid, welke de grootte van het interval tussen de aan de chip aangeboden data weergeeft. Indien de functionele beschrijving cyclische structuren bevat, dan impliceert dit een ondergrens voor deze doorstroom snelheid. Er wordt een nieuw efficiënt computer programma besproken welke de minimale doorstroom snelheid voor een willekeurige functionele beschrijving bepaalt. Vervolgens wordt aangetoond dat verschillende soorten restricties met betrekking tot tijd en hardware in een enkel model geïntegreerd kunnen worden, en hoe deze met behulp van nauwkeurige schattingen op eenvoudige manier

naar elkaar toe te vertalen zijn. Dan wordt gekeken op wat voor een verschillende manieren tijdsplanningen gecreëerd kunnen worden. Een nieuwe constructieve methode wordt gepresenteerd, waarbij een permutatie van taken bepaalt in welke volgorde taken geplaatst worden, hetgeen in combinatie met een selectie mechanisme bepaalt waar taken in hun tijdsplanning interval geplaatst zullen worden. Bij een gegeven restrictie met betrekking tot de maximaal te gebruiken hoeveelheid hardware wordt bewezen dat indien men taken op een topologische gesorteerde manier in hun vroegst mogelijke tijdstip plaatst, er tenminste een permutatie bestaat die leidt tot een optimale oplossing met betrekking tot het laatste tijdstip van de tijdsplanning. Statistische analyse aan de hand van enkele voorbeelden toont aan dat de verhouding van optimale oplossingen ten opzichte van het totaal aantal oplossingen in zo'n geval groot is, hetgeen de kans op het vinden van een optimale oplossing vergroot. Tot slot wordt aangetoond dat het genereren van pipelined tijdsplanningen en loop pipelined tijdsplanningen voor cyclische functionele beschrijvingen met behulp van de voorgaande methode een moeilijker probleem is, en wordt een oplossing aangedragen om ook dit soort tijdsplanningen met behulp van permutaties te genereren.
Vervolgens beschrijft het proefschrift hoe genetische computer programma's toegepast kunnen worden om de tijdsplanning en allocatie problematiek op een efficiënte manier op te lossen, door te zoeken naar een permutatie die resulteert in een goede oplossing. Een theoretische analyse van genetische computer programma's geeft een indicatie over hoe een genetisch computer programma zo efficiënt mogelijk naar een oplossing van goede kwaliteit convergeert, hetgeen met empirische resultaten wordt gesteund. Verschillende soorten coderingen zijn onderzocht, resulterend in een nieuwe efficiënt tijdsplanning strategie waarbij genetische computer programma's een permutatie codering van een tijdsplanning combineren met een topologische sortering. De genetische zoekmethode is tot slot uitgebreid met de mogelijkheid om extra hardware te alloceren, om zodoende te lage hardware schattingen te compenseren met een additionele allocatie van hardware.

Vele voorbeelden van tijdsplanningen tonen aan dat de methodiek in alle geteste gevallen optimale oplossingen genereert. Een vergelijking met andere heuristieken toont aan dat de genetische zoekmethode een efficiNnt manier oplevert voor het genereren van oplossingen voor het hoog-niveau synthese tijdsplanning en allocatie probleem.

* * *

TRANSITION CONTROL BASED ON GREY, NEURAL STATES

J. Mazak
25 november 1996
Promotoren: prof. dr. ir. A.C.P.M. Backx en prof. dr. ir. P.P.J. van den Bosch

Dit proefschrift is gewijd aan een studie van het gebruik van neurale netwerken voor het ontwerp van regelaars die de proces toestand van het ene werkpunt naar het andere sturen. Het voordeel van onze aanpak is, dat we met behulp van een enkele niet-lineaire regelaar een breed bereik van process werkpunten kunnen bestrijken. Voor praktische toepassingen betekent dit een versnelling van de overgang van de procestoestand tussen verschillende werkpunten terwijl toch een goed prestatieniveau wordt gehandhaafd. Onze aanpak bestrijkt alle stadia van een praktisch regelaarontwerp. We beschouwen: (1) proces modellering in een vorm van grey-box neurale modellen in toestandsruimte beschrijving (2) proces toestandsschatting door middel van het ontwerp van een niet-lineaire neurale toestandsobserver en tenslotte (3) regelings-aspecten met betrekking tot een niet-lineaire neurale regelaar met behulp van toestandsterugkoppling.

Als mathematisch model voor het proces wordt een niet-lineair toestandsruimte model beschouwd, geparametriseerd door een combinatie van een a priori bekend analytisch deel en een black-box neuraal netwerk deel. In de toestandsvector van het model onderscheiden we witte, fysische goed gedefinieerde toestanden en zwarte of "verborgen" toestanden. Het model van het proces wordt geschat als een simulatiemodel om een goede simulatie van de procesuitgang te krijgen over een lange horizon. Het neurale net van het model wordt getraind, in een output-error configuratie, met behulp van gemeten ingangs- en uitgangsdata. Door de keuze van een toestandsruimte parametrisatie van het model kan a-priori kennis over het proces op een conceptueel eenvoudige manier worden opgenomen. Hierdoor kunnen we ook, in een later stadium, goede referentie signalen voor de regelaar definiëren. Het simulatiemodel van het proces wordt dan aangevuld met een niet-lineair filter, geparametriseerd door een statisch neuraal netwerk, om zo de toestands-

voorspellingen verkregen door het eerder geschatte simulatiemodel te verbeteren. Verschillende manieren voor de parametrisatie van het filter worden beschouwd in dit proefschrift. Het neurale netwerk voor de filtering wordt getraind met behulp van gemeten procesdata, onafhankelijke van de simulatiemodelparametrisatie. Dit completeert de tweede stap van het voorgestelde regelaarontwerp. De transitie-regelaar is een niet-lineaire statische toestandsterugkoppeling, eveneens geparametriseerd door een neuraal netwerk. Het regelaar-netwerk wordt getraind op het simulatiemodel van het proces zodanig dat de modeltoestanden voorgeschreven referentie-trajectoriën volgen. Dit proefschrift bevat een vergelijking tussen verschillende keuzes voor de toestandreferentiesignalen, inclusief een optimale keuze. Om eindfouten in het volggedrag te elimineren wordt een integratieactie opgenomen in de gesloten lus configuratie. Aan de randvoorwaarden voor bedrijving van het proces wordt voldaan door een juiste specificatie van de referentiesignalen. Deze worden verkregen met behulp van het witte gedeelte van het model en een aangepaste keuze van weegfactoren in een regelcriterium.

Alle niet-lineaire functies die in verschillende stadia van ons algoritme worden geschat zijn geparametriseerd door sigmoVdale feed forward neurale netwerken. Voor de training van de neurale netwerken maken we onderscheid tussen gradiënt-gebaseerde, deterministische optimalisatie · en stochastische optimalisatie. Een aantal methoden wordt in dit proefschrift besproken om tot een effectieve combinatie van deze twee optimalisatie-technieken te komen. Deze gecombineerde techniek wordt vervolgens gebruikt voor de training van de neurale netwerken. In dit proefschrift wordt een aantal voorbeelden gegeven die zowel de modellerings-aspecten als de regelaspecten van dit proefschrift demonstreren. De belangrijkste voorbeelden zijn:

(1) een portaalkraan. Hiermee wordt de modellerings-procedure voor niet-lineaire processen gedemonstreerd.

(2) een fluidized bed polymerisatie proces. Hiermee worden zowel modellerings- als regelaspecten gedemonstreerd.

(3) een niet-lineaire toestandsterugkoppeling wordt beschouwd voor een regeling voor een inverse slinger met meerdere links.

* * *

AUTONOMOUS ROBOTS USING ARTIFICIAL POTENTIAL FIELDS

P. Dunias
2 december 1996
Promotoren: prof. dr. ir. P.P.J. van den Bosch en prof. dr. ir. J.J. Kok

In dit proefschrift wordt het onderwerp robot motion planning voor autonome robots behandeld. Kunstmatige potentiaalvelden zijn gebruikt voor het oplossen van het probleem van robot motion planning. Robot motion planning kan beschreven worden als volgt. Genereer een botsingvrije baan naar een gegeven eindpositie beginnend op een willekeurig initiële positie van de robot. Robot motion planning is geformuleerd en opgelost in de configuratieruimte van de robot. Een potentiaalveld is in de configuratieruimte geconstrueerd en representeert een mechanisme voor regeling en planning. De directe en indirecte kinematica van een robot is in het kort beschreven zodat de transformatie van de obstakels van de werkruimte naar de configuratieruimte van de robot duidelijk kan worden. Die transformatie resulteert in de vrije configuratieruimte. Dat is dat deel van de configuratieruimte waar geen botsing optreedt tussen robot en obstakels. Berustend op een algemeen dynamisch model van een robot is er een regelstrategie geïntroduceerd die gebruik maakt van potentiaal-velden. Eigenlijk wordt de gradiënt van de potentiaal-veld gebruikt bij de ingangskoppel van het robot-systeem waardoor de robot de eindconfiguratie asymptotisch nadert zonder dat er botsingen optreden. Het construeren van de kunstmatige potentiaalvelden is onderzocht onder de eisen omtrent de potentiaalveld die uit de regelstrategie voortkomen. Harmonische functies zijn gebruikt om potentiaalvelden te constru-eren die hun maximale waarde op de rand van de obstakelconfiguraties bereiken en hun minimale waarde op de rand van de doelconfiguraties bereiken. Het probleem om een harmonische functie te vinden die aan de gestelde voorwaarden voldoet, is ge-analyseerd en opgelost. Daarvoor is de Rand-Elementen Methode gebruikt die in een analytische uitdrukking van de potentiaalveld resulteert.

Bovendien is die methode uitgebreid voor hogere dimensies van de configuratieruimte van een robot dan drie. Het robot motion probleem kan opgelost in vier stappen, nl. (1) transformeer de obstakels vanuit de werkruimte naar de configuratieruimte, (2) bereken de doelconfiguraties, (3) bereken een

potentiaalveld met de Rand-Elementen Methode, gebruik de gradiënt van de potentiaalveld in de regelstrategie. Twee praktische problemen die bij real-time toepassingen optreden, worden behandeld en opgelost. Het eerste probleem betreft de boven grenzen van de ingangskoppels van de aktuatoren van een robot. Vervolgens is er een iteratieve algoritme gegeven om rekentijd te winnen voor het uitrekenen van de rand-elementen methode als obstakels worden toegevoegd of verwijderd.

Aan de hand van een aantal experimenten in twee- en driedimensionale configuratieruimten, kunnen we concluderen dat de rand-elementen methode gebruikt kan worden voor robot motion planning. De methode geeft in het algemeen bevredigend resultaten maar gaat gepaard met hoge eisen wat computer geheugen-capaciteit en computer rekensnelheid.

* * *

LOW-FREQUENCY NOISE IN MODERN SEMICONDUCTOR TRANSITORS

H.A.W. Markus
7 januari 1997
Promotoren: prof. dr. T.G.M. Kleinpenning en prof. dr. F.N. Hooge

In dit proefschrift zijn de resultaten gepresenteerd van een onderzoek naar de stroom-spanning (I-V) karakteristieken en de laagfrequentruis van silicium bipolaire transistoren zowel met conventionele emitters als met polysilicium-emitters, van GaInP/GaAs heterojunctie bipolaire transistoren, van MODFETs (modulation doped field effect transistors), en van GAA-SOI-MOSFETs (gate-all-around silicon-on-insulator metal-oxide-semiconductor field-effect transistors). We hebben gevonden dat de 1/f ruis in de basisstroom S/b de dominante 1/f ruisgenerator is in de silicium bipolaire transistoren met conventionele emitters. Zowel de basis stroomdichtheid als de grootte van de 1/f ruis blij ken afhankelijk te zijn van de geometrie van de emitter. We hebben de relatie tussen de basisstroomdichtheid, gemeten bij konstante basis-emitter-spanning, en de geometrie van de emitter verklaard met behulp van een positie afhankelijke levensduur van de minderheidsladingsdragers in de emitter. Als we aannemen dat fluctuaties in de beweeglijkheid van de ladingsdragers de bron van 1/f ruis is, dan kunnen we ook de relatie tussen de grootte van de 1/f ruis en de geometrie van de emitter verklaren met een verdeelde levensduur van de minderheidsladingsdragers in de emitter. We hebben een model opgesteld waarin de emitter wordt opgedeeld in twee gebieden: een centraal gebied en een randgebied met een lagere effectieve levensduur van de minderheidsladingsdragers dan in het centrale gebied. Dit model is slechts matig in overeenstemming met de experimentele resultaten voor grote emitter oppervlakken. Betere overeenstemming kan worden verkregen door aan te nemen dat de levensduur van de minderheidsladingsdragers het kortst is in de vier hoekpunten van de emitter. Met deze verfijning van het model kunnen we ook de stroomafhankelijkheid van de ruis in de basisstroom S_{Ib} verklaren als "emitter current crowding" optreedt.

De 1/f ruis in de polysilicium emitter bipolaire transistoren is afkomstig van de ruis in de basisstroom S_{Ib} en de ruis in de emitter-serieweerstand S_{re}. Uit de relatie tussen S_{Ib} en de geometrie van de emitter concluderen we dat de ruisbronnen homogeen over het emitter oppervlak zijn verdeeld. De 1/f ruis dichtheden S_{Ib} en S_{re} nemen toe met toenemende dikte van de oxydelaag, die zich bevindt op het grensvlak tussen het polykristallijne en het monokristallijne silicium van de emitter. Thermisch gegroeide oxydelagen leiden tot een lagere 1/f ruis dan de van nature aanwezige oxydelagen. De 1/f ruis kan worden toegeschreven aan fluctuaties in de tunnelkans door het oxyde als gevolg van fluctuaties in de barrierehoogte van het oxyde. Deze fluctuaties in de tunnelkans leiden tot fluctuaties in de basisstroom en de emitter-serieweerstand. Een sterk argument voor ons model is het feit dat S_{Ib} en S_{re} dezelfde afhankelijkheid hebben van de eigenschappen van de oxydelaag. Ons model voorspelt ook dat S_{Ib} en S_{re} volledig gecorreleerd zijn. Experimenteel vinden we een correlatiefactor tussen 0.3 en 0.5. Het feit dat we geen volledige correlatie vinden kan worden toegeschreven aan lokale inhomogeniteiten in de oxydelaag.

Ten gevolge van de lage tunnelkans voor ladingsdragers door de oxydelaag is de basisstroom slechts zwak afhankelijk van de beweeglijkheid van de ladingsdragers in de emitter. Hierdoor wordt de bijdrage van fluctuaties in de beweeglijkheid tot S_{Ib} sterk gereduceerd. De I-V karakteristieken en de 1/f ruis zijn gemeten aan twee series $Ga_{0.5}$ $In_{0.5}P/GaAs$ heterojunctie bipolaire vermogenstransistoren. Beide series zijn gemaakt met hetzelfde produktieproces. Alleen heeft serie 2 een verbeterde isolatie van de metaallaag die de emitter verbindt met het "bonding

pad". De I-V curve van de basisstroom heeft een hoge idealiteitsfactor bij lage stromen en een lagere idealiteitsfactor bij hogere stromen. We kunnen de basisstroom redelijk nauwkeurig beschrijven met twee stroomcomponenten, een niet ideale component met een hoge idealiteitsfactor (tussen de 1.5 en 2.8) en een ideale component met een idealiteitsfactor van 1. We hebben gevonden dat de 1/f ruis in de basisstroom S_{Ib} domineert in alle transistoren. Bij lage stromen, waar de idealiteitsfactor hoog is, is S_{Ib} evenredig met I^2_B Bij hoge stromen, waar de idealiteitsfactor afneemt, neemt S_{Ib} minder toe dan evenredig met I^2_B. Onze interpretatie van dit laatste is dat S_{Ib} geassocieerd is met de niet ideale basisstroom. We vinden dat S_{Ib} evenredig is met het kwadraat van de niet ideale basisstroom over het gehele stroombereik van onze metingen. Er is een grote spreiding in de intensiteit van de 1/f ruis voor de verschillende transistoren van serie 1. Door deze spreiding is het niet mogelijk eenduidige conclusies te trekken wat betreft de relatie tussen de grootte van de 1/f ruis in de basisstroom en de geometrie van de emitter. Echter, transistoren met een groot aantal emittervingers hebben minder spreiding in de grootte van de ruis. Hier vinden we dat de grootte van de 1/f ruis onafhankelijk is van de lengte van de emittervingers. Op grond van dit experimentele gegeven vermoeden we dat de 1/f ruisbronnen zich bevinden in de uiteinden van de emittervingers.

Bij de transistoren van serie 2 hebben we een grote reduktie van de 1/f ruis gevonden. De relatieve 1/f ruis in de niet ideale basisstroom blijkt een factor 10^4 lager te zijn in de transistoren van serie 2 vergeleken met die van serie 1. We hebben een vergelijking gemaakt tussen de experimentele resultaten verkregen van onze transistoren en resultaten beschreven in de vakliteratuur over AIGaAs/GaAs transistoren en GaInP/GaAs transistoren. De AlGaAs/GaAs transistoren blijken minder 1/f ruis te hebben dan de GaInP/GaAs transistoren. We hebben de I-V karakteristieken en de laagfrequentruis bestudeerd van MODFETs die gemaakt zijn met verschillende etstechnieken voor de gate en met verschillende halfgeleidermaterialen. De laagste waarden voor Hooge's 1/f ruisparameter a in het kanaal zijn ongeveer gelijk aan 10^{-4}. Deze waarden zijn verkregen van zowel GaAs kanalen als InGaAs kanalen en komen overeen met waarden die in de vakliteratuur gerapporteerd zijn. We hebben een methode gedemonstreerd om te bepalen of de 1/f ruis gegenereerd wordt door het twee-dimensionale electrongas (2DEG) in het kanaal of door de serieweerstand. Met behulp van 1/f ruismetingen is het mogelijk de waarde van de threshold spanning en de serieweerstand te bepalen, onder de voorwaarde dat de ruis afkomstig is van het kanaal en niet van de serieweerstand.

De 1/f ruis in de gate-stroom hebben we toegeschreven aan fluctuaties m de tunnelkans voor elektronen, die tunnelen door de oxydelaag tussen de metaallaag en het onderliggende halfgeleidermateriaal. Deze fluctuaties in de tunnelkans worden veroorzaakt door de Nyquistruis van de oxydelaag. De Nyquistruis wordt bepaald door de verliesweerstand en dus door de verlieshoek van het oxyde. De fluctuaties in de tunnelkans hebben een 1/f spectrale dichtheid als de verlieshoek onafhankelijk is van de frequentie in het beschouwde frequentiegebied. De waarden die we berekenen voor de verlieshoek zijn hoog vergeleken met de bulkwaarden van het oxydemateriaal, gerapporteerd in de vakliteratuur, maar vergelijkbaar met waarden gerapporteerd voor dunne lagen. Bovendien komen de waarden voor de verlieshoek overeen met waarden gevonden voor onze polysilicium-emitter transistoren in hoofdstuk 3 van dit proefschrift. Een andere interpretatie, die ook redelijke resultaten geeft, is het zogenaamde "two-step tunneling model", waar ladingsdragers door het oxyde tunnelen via traps. Om dan een 1/f spectrum te krijgen moet aan stringente voorwaarden voldaan worden wat betreft de verdeling van traps in het oxyde. Doordat de vrijwel zeker aanwezige oxydelaag spontaan ontstaan is (d.w.z. niet via een gecontroleerd proces) en dus een sterk wisselende struktuur kan hebben voor verschillende transistoren, is het moeilijk conclusies te trekken met betrekking tot de invloed van het etsproces van de gate en de invloed van het halfgeleider-materiaal op de 1/f ruis in de gate-stroom. We hebben de I-V karakteristieken en de laagfrequentruis in twee p-kanaals GAA-SOI-MOSFETs bij lage drain-source spanning bestudeerd. De laagfrequente ruisspectra zijn gesplitst in een 1/f ruiscomponent en twee generatie-recombinatie (g-r) ruiscomponenten. De 1/f ruis is afkomstig van het kanaal. We hebben geen 1/f ruisbijdrage van de serieweerstand waargenomen. We hebben gevonden dat de Hooge 1/f ruisparameter a praktisch onafhankelijk is van de gate-source spanning. De waarden van a voor de twee transistoren zijn 9.10^{-6} en $1.7.10^{-5}$. De g-r ruis is afkomstig van het kanaal. De relaxatietijden van de g-r spectra zijn onafhankelijk van de gate-source spanning. Voor alle polarisatiecondities hebben we gevonden dat de variantie in het aantal ladingsdragers veel kleiner is dan het aantal ladingsdragers in het kanaal. De g-r ruis wordt veroorzaakt door "trapping-

detrapping" processen. Er zijn twee mogelijkheden: i) via traps in het oxyde of aan het grensvlak tussen oxyde en halfgeleider, en ii) via traps in de halfgeleider in een gebied rondom het snijpunt van het Fermi-niveau en het trap-niveau. In beide gevallen i) en ii) wordt de variantie bepaald door het effectieve aantal traps. Als dit effectieve aantal traps constant is verwachten we dat de variantie onafhankelijk is van de gate-source spanning. Experimenteel zien we een zwakke afname van de variantie met toenemende gate-source spanning. Mogelijke verklaringen kunnen zijn: een inhomogene verdeling van traps met betrekking tot de energieniveaus in het oxyde of een ruimtelijk inhomogene verdeling van traps in het kanaal.

* * *

CONSTRUCTION OF INTELLIGENT ALARM SYSTEMS USING MATHEMATICAL MODELS AND AUTOMATIC LEARNING TECHNIQUES

L.M. Müller
3 februari 1997
Promotoren: prof. dr. ir. A.Hasman en prof. dr. ir. J.E.W. Beneken

Het doel van het onderzoek dat in dit proefschrift wordt gepresenteerd is het vinden van een antwoord op de vraag of het mogelijk is om intelligente alarmsystemen te ontwikkelen met behulp van mathematische modellen als alternatief voor menselijke experts; en in hoeverre deze modellen kunnen worden gesimplificeerd, en er toch goede resultaten worden verkregen met de resulterende alarmsystemen. Als medisch probleemdomein is gekozen voor het bewaken van mechanische beademing van patiënten onder anesthesie, omdat er al verscheidene intelligente alarmsystemen zijn ontwikkeld op dit gebied. De resultaten die worden verkregen met de alarmsystemen die volgens de nieuwe techniek ontwikkeld worden. worden vergeleken met de resultaten die verkregen zijn met de eerder ontwikkelde alarmsystemen. In hoofdstuk 1 worden korte beschrijvingen gegeven van de verschillende aspecten van het probleemdomein: patiënt-bewaking, en meer specifiek het bewaken van het beademingscircuit gedurende mechanische ventilatie; en kennisgebaseerde systemen in medische toepassingen. Hoofdstuk 2 bevat een literatuuronderzoek. Verscheidene programma's voor patiënt-bewaking die zijn ontwikkeld worden behandeld Een onderverdeling wordt gemaakt in intelligente alarmsystemen (hetgeen ook het belangrijkste onderwerp van dit proefschrift is) en patiënt-bewakingssystemen. De nadruk ligt op systemen die de mechanische beademing bewaken. Tevens worden er enkele mathematische modellen van het respiratoire systeem (longen en luchtwegen) beschreven, alsmede enkele modellen van beademingscircuits. Verscheidene technieken om respiratoire parameters (bijvoorbeeld luchtweg-weerstand, long/thorax compliantie) uit gemeten gasstroom- en luchtwegdruk-curves te extraheren, zoals beschreven in de literatuur, worden ook behandeld. Tenslotte worden er enkele onderzoeks-projecten gepresenteerd waarin mathematisch modelleren en technieken uit de kunstmatige intelligentie worden gecombineerd in medische toepassingen anders dan mechanische beademing.

In hoofdstuk 3 worden de twee beademingscircuits beschreven die gedurende dit project zijn gemodelleerd: de Siemens Servo-ventilator, een open circuit waarin de inspiratoire gasstroom in zijn geheel bestaat uit vers gas, en waar het uitgeademde gas wordt afgevoerd; en het Ohmeda cirkelcircuit, een halfgesloten circuit waar het uitgeademde gas gedeeltelijk opnieuw wordt ingeademd door de patiënt nadat expiratoire CO_2 is verwijderd, en waar een continue verse gasstroom aanwezig is die O_2 en vluchtige anesthetica bevat. Het eerste model dat is ontwikkeld was een model van het cirkelcircuit, geïmplementeerd in Pascal. Dit model omvat de longen, de luchtwegen en de verschillende beademings-buizen. Gasstromen en drukken op verschillende plaatsen in het circuit kunnen worden gesimuleerd met het model, gedurende normale werking van het beademingscircuit en gedurende het optreden van lekken en obstructies. Het model bevat ook een multi-compartimenten model van de longen, de luchtwegen en de endotracheale buis om de CO_2-concentratie in het in- en uitgeademde gasmengsel mee te modelleren. Modellen van beide beademingscircuits werden ontwikkeld met PSpice. Deze modellen zijn gebaseerd op de analogie tussen elektrische en pneumatische wetten. De PSpice-modellen omvatten de gehele beademingscircuits, inclusief kleppen en balg. Naast lekken en obstructies kunnen met de PSpice-modellen ook defecte kleppen en (in het cirkelcircuit) een uitgeputte CO_2 ,-absorber worden gesimuleerd. De multi-compartimenten modellen voor simulatie van de CO_2 -concentratie werden ook uitgebreid en omvatten de gehele beademingscircuits. De signaalverwerkings-algoritmes waarmee de gasstroom-, druk- en CO_2-

signalen worden geanalyseerd en gesegmenteerd, worden beschreven in hoofdstuk 4. Adaptieve onder- en bovendrempels, met behulp waarvan de signalen worden gesegmenteerd in verschillende fasen worden in real time berekend voor elk signaal. Gedurende elke signaalfase worden JJn of meer parameters berekend. De signaalparameters worden gebruikt in de machineleer-experimenten om iedere ademhaling mee te beschrijven.

Het eerste experiment werd uitgevoerd met gebruikmaking van het eerste model van het cirkelcircuit. Met het model werden de luchtwegdruk, de expiratoire gasstroom en de CO_2 -concentratie gesimuleerd voor 94 patiënten, die werden beademd met constante ventilator-instellingen, gedurende normale werking van het beademingscircuit en gedurende het optreden van lekken en obstructies. Iedere gesimuleerde patiënt had een unieke combinatie van waarden voor luchtwegweerstand en longtthorax-compliantie. Elke gesimuleerde ademhaling werd beschreven door een verzameling signaalparameters en een label dat aangaf gedurende welke fout de ademhaling was gemeten. Met een inductief machineleer-programma werden automatisch classificatie-bomen gecreëerd van gegevens van 54 van de gesimuleerde patiënten. De classificatiebomen konden 99% van alle fouten in de gegevens van de overige 40 patiënten correct classificeren . Het toevoegen van ruis aan de testsignalen verslechterde de classificatieresultaten slechts in geringe mate. In signalen, die werden gemeten aan een mechanische patiënt-simulator die werd beademd, werden 100% van de fouten correct geclassificeerd door de classificatiebomen. In hoofdstuk 5 wordt dit experiment beschreven. In de volgende groep experimenten, beschreven in hoofdstuk 6, werden patiënten-gegevens gesimuleerd met hetzelfde model, maar ditmaal werden er drie ventilator-instellingen gevarieerd: inspiratie/expiratie (I:E) ratio, teugvolume en ademfrequentie . Drie verzamelingen van patiënt gegevens werden gesimuleerd, waarbij een verschillende I:E ratio werd gebruikt voor elke gegevensverzameling terwijl het teugvolume en de ademfrequentie gelijk waren voor alle gegevensverzamelingen. Lekken en obstructies werden geïntroduceerd voor elke patiënt, zoals in het eerdere experiment. Wederom werden er 94 patiënten gesimuleerd voor elke gegevensverzameling, waarvan er 54 werden gebruikt als leerverzameling waarmee de classificatiebomen werden gecreëerd, en waarvan er 40 werden gebruikt als testverzameling. De resulterende classificatiebomen werden getest met de overeenkomstige testverzamelingen (waarin dezelfde I:E ratio werd gebruikt als in de leerverzamelingen) en met de twee andere testverzamelingen (gesimuleerd met andere I:E ratio's dan de signalen in de leerverzameling). Wanneer de signalen uit de leer- en testverzameling dezelfde I:E ratio hadden. waren de classificatieresultaten goed (99.5% - 100% correct). Wanneer de classificatiebomen werden getest met de andere testverzamelingen verslechterden de classificatieresultaten (66 - 99% correct). Betere resultaten werden verkregen met classificatiebomen die werden geleerd uit een gecombineerde leerverzameling. waarbij alle I:E ratio's werden gebruikt: de testverzamelingen werden geclassificeerd door deze bomen met een correctheidspercentage tussen 96 en 99%.

Dezelfde experimenten zijn uitgevoerd voor de instellingen van het teugvolume en de ademfrequentie. Deze experimenten leverden vergelijkbare resultaten op. Er kan worden geconcludeerd dat de resultaten verkregen met de classificatiebomen beter zijn naarmate de ventilatorinstellingen. die zijn gebruikt om de testverzameling te creëren beter overeenkomen met de ventilatorinstellingen waarmee de leerverzameling werd verkregen. Er kunnen echter classificatiebomen worden gecreëerd die verschillende testverzamelingen (verkregen met verschillende ventilatorinstellingen) goed kunnen classificeren wanneer verschillende ventilatorinstellingen worden gecombineerd gedurende het leerproces. Bij het testen van alle classificatiebomen met de gegevens van de patiënt-simulator werd een correctheidspercentage behaald die varieerde van 80 tot 100%. Voor het volgende experiment, beschreven in hoofdstuk 7. werden er patiënten gemodelleerd met het PSpice model van het cirkelcircuit. Ventilatorinstellingen waren constant. Naast lekken en obstructies werden er defecte eenrichtingskleppen en een uitgeputte CO_2-absorber toegevoegd aan de lijst van fouten in het beademingscircuit die de alarmsystemen moeten herkennen. Er werden weer classificatiebomen gecreëerd uit een deelverzameling van de gemodelleerde signalen, en deze bomen werden getest met zowel gemodelleerde gegevens als met signalen die zijn gemeten aan de mechanische patiënt-simulator. Van de gemodelleerde signalen kon 100% correct worden geclassificeerd door de classificatiebomen. Voor de gemeten signalen werd voor de classificatiebomen een correctheidspercentage behaald dat varieerde van 78 tot 93%. Een laatste experiment werd uitgevoerd om de in dit proefschrift beschreven techniek om intelligente alarmsystemen te ontwikkelen te

evalueren. Ademhalingssignalen werden gemeten van 17 dieren (15 honden en twee geiten), die mechanisch werden beademd met de Servo-ventilator. De buizen van het beademingscircuit werden zodanig aangepast dat er op een reproduceerbare wijze lekken en obstructies in konden worden aangebracht. Alarmsystemen werden gecreëerd op dezelfde manier als eerder beschreven, met gesimuleerde patiënt gegevens die werden gegenereerd met het PSpice model van het Servo-ventilator beademingscircuit, en het inductieve machineleer-programma. De resulterende classificatiebomen werden getest met de gegevens van de proefdieren. Voor elk dier kon 93 tot 100% van alle fouten correct worden gedetecteerd door de alarmsystemen, terwijl de hoeveelheid valse alarmmeldingen laag was. Het evaluatie-experiment wordt beschreven in hoofdstuk 8.

Een discussie en conclusies, alsmede enige aanbevelingen voor verder onderzoek, worden gepresenteerd in hoofdstuk 9. Algemeen kan worden geconcludeerd dat de nieuwe techniek voor het ontwikkelen van intelligente alarmsystemen, zoals die wordt gepresenteerd in dit proefschrift. veelbelovende resultaten oplevert. De resultaten die zijn verkregen in de verscheidene experimenten zijn vergelijkbaar met de resultaten die werden verkregen gedurende andere onderzoeksprojecten, in welke meer conventionele technieken werden toegepast om intelligente alarmsystemen voor het bewaken van het beademingscircuit te ontwikkelen.

* * *

HIGH-POWER PULSED CORONA

P.P.M. Blom
18 februari 1997
Promotoren: prof. dr. ir. P.C.T. van der Laan en prof. dr. F.J. de Hoog

Een geometrische versterking van het elektrisch veld dichtbij een elektrode kan leiden tot een coronaontlading, waarbij de ontlading zich ontwikkelt vanuit deze elektrode naar de andere elektrode, zonder dat er een volledige doorslag optreedt. We hebben de coronaontlading onderzocht in een draad-cilinder geometrie (diameters 1 mm en ongeveer 250 mm), in lucht bij ongeveer atmosferische druk. Met hoge puls-spanningen tot 140 kV creëren we hoog-vermogen gepulste coronaontladingen. De ontlading ontwikkelt zich vanuit de draad via vele streamers die in zeer korte tijd oversteken naar de cilinder. De vele streamers voeren gezamenlijk een zeer hoge stroom tot maximaal 1700 A per meter raad. Echter, de stroom door de individuele streamer blijft laag, waardoor deze zich niet an ontwikkelen tot een volledige doorslag. Dit maakt het gebruik van hoog-vermogen gepulste corona aantrekkelijk voor een groot aantal nieuwe toepassingsgebieden. Het doel van het onderzoek beschreven in dit proefschrift is enerzijds het verkrijgen van inzicht in het fysische gedrag van de hoog-vermogen gepulste coronaontlading, anderzijds zijn we geïnteresseerd in de interactie tussen de ontlading en het externe elektrische circuit. Om zo'n intense ontlading te maken hebben we een speciale pulsbron gebouwd, die een hoge pulsspanning afgeeft, maar tevens voldoende stroom kan leveren om de ontlading te doen branden. Kennis op het gebied van de elektromagnetische compatibiliteit is toegepast om meetapparatuur te ontwikkelen die immuun is voor de elektromagnetische storingen van de pulsbron. Uiteindelijk is het ons doel om deze kennis te gebruiken voor de industriële toepassing van gepulste coronaontladingen. Met name de hoog-vermogen gepulste coronaontlading is zeer interessant voor de verwijdering van schadelijke bestanddelen in bijvoorbeeld rookgas en afvalwater.

Een nieuwe experimentele opstelling, bestaande uit een pulsbron, coronavat en meetapparatuur is ontworpen en gebouwd. We hebben elektrische sensoren ontwikkeld, getest en ingebouwd in de corona-opstelling, om de spanningspuls, de coronastroom en het elektrische veld dichtbij de cilinderelektrode te meten. Een CCD camera met beeldversterker wordt gebruikt om de ruimtelijke ontwikkeling van de coronaontlading tussen de draad en de cilinder te onderzoeken. Met speciale timing technieken en de korte sluitertijd van de camera (5 ns), zijn we in staat om simultaan elektrische en optische metingen uit te voeren. Deze metingen geven een gedetailleerd beeld van de tijdsafhankelijke en ruimtelijke ontwikkeling van de coronaontlading. Bij zowel positieve als negatieve spanningspulsen zien we een vergelijkbaar gedrag van de coronaontlading. Aan het begin van de coronaontlading zien we een ontwikkeling van streamers bij de draad, die daarna met een zeer hoge snelheid (3.10^6 m/s) naar de cilinder bewegen. Dit resulteert in zeer snel veranderende elektrische velden op de cilinder, die we meten met een speciaal type sensor. Na de oversteek van deze streamers, meten we een geleidingsstroom ter plaatse van de cilinder. Na de streamerfase van de coronaontlading bewegen de geproduceerde ionen naar de elektrodes. Met een ionensensor meten we de

aankomst van deze ionen op de cilinderelektrode. Stroom is een belangrijke parameter in onze coronaopstelling, omdat de stroom de koppeling tot stand brengt tussen de fysische processen in de coronaontlading en het elektrische circuit van de pulsbron. We gebruiken het Ramo-Shockley theorema om de verschuivings- en geleidingsstromen in de coronaontlading te beschrijven. Een alternatieve versie van het Ramo-Shockley theorema is gebruikt voor de ontwikkeling van een eenvoudig een-dimensionaal model. Dit model beschrijft het gedrag van zowel de coronaontlading als de pulsbron. De resultaten van de simulaties en de metingen stemmen goed overeen. De energiedissipatie in de coronaontlading wordt berekend met behulp van de gemeten puls-spanning en de stroom door het externe circuit. Voor het gebruik van de hoog-vermogen gepulste coronaontlading in een industriële toepassing is een efficiënte energieoverdracht belangrijk. De kennis van coronaontladingen en pulsbronnen en het storingvrije karakter van de meetapparatuur zijn zeer belangrijk voor de ontwikkeling van industriële toepassingen van hoog-vermogen gepulste corona. Mogelijke toepassingen zijn:

- Reiniging van rookgassen afkomstig van:
  - warmte-kracht installaties.
  - verbrandingsovens.
- Reiniging en sterilisatie van vloeistoffen.
  - koude pasteurisatie.

Om dit te testen hebben we in samenwerking met het bedrijf Intronplan metingen uitgevoerd, waarbij de gepulste coronaontlading gebruikt is voor NO_x-afbraak in een luchtstroom. De corona-ontlading geeft hierbij een reductie van 90% van de oorspronkelijke NO-instroom. Met één kWh aan energie waren we in staat om 65 gram NO af te breken. Recent is een nieuwe corona-unit ontwikkeld die 1 kW vermogen kan leveren aan de ontlading. Met deze unit kunnen we nu 95 gram NO per kWh afbreken, vermoedelijk dankzij de hogere intensiteit en herhalingsfrequentie van de coronaontlading.

* * *

STRUCTURE IN PRACTICAL MODEL ERROR BOUNDS

L.J.J.M. Ariaans
26 februari 1997
Promotoren: prof. dr. ir. A.C.P.M. Backx en prof. dr. ir. P.P.J. van den Bosch

In veel processen worden regelingen toegepast om het dynamisch gedrag van het proces zodanig te veranderen dat het proces in bepaalde zin beter presteert. Moderne technieken voor regelaarontwerp zijn in het algemeen gebaseerd op een model voor het proces. Als de modelonzekerheid of modelfout, d.w.z. het verschil tussen het model en het werkelijke proces, begrensd kan worden en als het regelaarontwerp rekening kan houden met deze begrensde onzekerheid, wordt de aldus verkregen regelaar robuust genoemd. Dit proefschrift behandelt het probleem van het vinden van grenzen voor modelonzekerheid voor toepassing in robuust regelaarontwerp, uitgaande van experimentele data en voorkennis. Praktische toepassing van modelonzekerheidsgrenzen wordt momenteel bemoeilijkt door het feit dat deze grenzen vaak onrealistisch en onbruikbaar groot blijken uit te vallen. Geanalyseerd is, welke effecten (moeten) bijdragen aan de modelonzekerheidsgrens. Deze effecten kunnen in drie categorieën worden onderverdeeld: (a) modellen die voor robuuste regelingen worden gebruikt zijn lineair, tijd-invariant en hebben een lage orde, het onderliggende proces heeft die eigenschappen niet. (b) experimentele data van een proces geeft een incompleet en onzeker beeld van het procesgedrag t.g.v. eindige experimentduur, eindige bemonsterings-frekwentie en onbekende externe factoren zoals ruis. (c) bepaalde kennis die over het proces beschikbaar is, kan niet of slechts bij benadering door het nominale model en/of de onzekerheidsgrenzen worden gerepresenteerd. Dit leidt tot conservatisme. De praktische reden om robuuste regelingen toe te passen is voornamelijk om onzekerheid uit categorie (a) het hoofd te kunnen bieden. Huidige modelonzekerheids-grenzen begrenzen slechts de onzekerheid ten gevolge van categorie (b) en (c).

Een algemeen raamwerk is ontwikkeld om de interactie te onderzoeken tussen verschillende factoren die een rol spelen in een procedure voor onzekerheids-begrenzing. In tegenstelling tot andere kaders waarin identificatieprocedures worden "ingebed" vermijdt dit kader zorgvuldig dat onrealistische aannames voor het proces of de ruis gedaan worden. Enkele eigenschappen die alle procedures voor onzekerheids-begrenzing gemeen (zouden moeten) hebben worden onderzocht. Bovendien wordt de relatie verduidelijkt die er moet bestaan tussen ruis, verstoringen en vereenvoudigingen zoals lineariteit en tijd-invariantie aan de ene kant en de onzekerheidsgrenzen aan de andere kant. Naar aanleiding van de opmerkingen in

het bovenstaande wordt een algoritme voorgesteld dat modelonzekerheid voor MIMO systemen opsplitst in zogenaamde gestructureerde en ongestructureerde componenten. De gestructureerde component wordt gedetailleerd begrensd en dient om de veranderingen in procesdynamica te beschrijven die optreden als het proces in verschillende werkpunten wordt bedreven. In de ongestructureerde component worden alle andere bronnen van modelonzekerheid samengevoegd en op een veel minder gedetailleerde manier begrensd. Als de gestructureerde componenten de dominante factoren in de procesonzekerheid beschrijven, zal de resterende ongestructureerde component veel kleiner uitvallen dan zonder een afzonderlijke begrenzing van de dominante factoren het geval zou zijn. Bovendien omvatten de zo verkregen onzekerheidsgrenzen meer aspecten van modelonzekerheid die voor robuuste regelingen relevant zijn dan tot dusver vaak het geval was.

De dominante bijdragen aan de modelonzekerheid kunnen geschat worden uit data sets voor verschillende werkpunten. Er wordt afgeleid hoe deze bijdragen uitgesloten kunnen worden van de grenzen op de ongestructureerde fout. Deterministische aannames worden gedaan voor de ruis en verstoringen die op het proces ingrijpen. Verschillende uitbreidingen op het basisalgoritme zijn ontwikkeld om het gebruik van meer voorkennis mogelijk te maken bij het begrenzen van de modelonzekerheid en het bepalen van de dominante factoren. Het algoritme is geïmplementeerd in een C++ programma. Na een zorgvuldige overweging van een implementatie in MATLAB is geconcludeerd dat MATLAB onvoldoende ondersteuning biedt. Een algemeen toepasbare bibliotheek is ontwikkeld voor de implementatie. Uit eenvoudige objecten als vectoren en verzamelingen van gehele getallen worden complexere objecten samengesteld, zoals signalen, modelsets, identificatie-sessies, etc. Hoewel deze hulpmiddelen werden ontwikkeld voor de implementatie van het algoritme, hebben ze hun eigen waarde op het gebied van computerondersteunde systeemidentificatie. Het algoritme is getest op simulatiedata en op praktijkdata van een asynchrone machine. Uit de resultaten kan worden geconcludeerd, dat het algoritme inderdaad een significante reductie van de ongestructureerde onzekerheid kan opleveren door een beperkt aantal gestructureerde componenten af te splitsen die door het algoritme zijn bepaald. Bovendien kan het algoritme een benadering vinden voor foutstructuren die het niet exact kan representeren. Dit leidt opnieuw tot een duidelijke afname van de ongestructureerde fout. Zowel de grenzen op de gestructureerde als op de ongestructureerde componenten zijn erg gevoelig voor de manier waarop de invloed van ondermodellering wordt begrensd. Bovendien is data van hoge kwaliteit vereist om zinvol onderscheid te kunnen maken tussen gestructureerde en ongestructureerde bijdragen aan de totale onzekerheid. De signaal/ruisverhouding lijkt tenminste 40 dB te moeten zijn voor een succesvolle toepassing van het algoritme. Aangezien de ruis dit niveau overschrijdt in het voorbeeld van de asynchrone motor. vermindert afsplitsen van gestructureerde componenten hier nauwelijks de ongestructureerde fout. Dit is voornamelijk te wijten aan de deterministische (worst-case) aannames op de ruis. Het verdient aanbeveling in toekomstig onderzoek het gebruik van stochastische aannames op de ruis te onderzoeken. Dit kan resulteren in kleinere, maar zwakkere, foutengrenzen, die echter beter praktisch toepasbaar lijken voor realistische signaal/ruis verhoudingen.

* * *

LATTICE SCATTERING AND 1/F NOISE IN SEMICONDUCTORS

X. Chen
11 april 1997
Promotoren: prof. dr. F.N. Hooge en prof. dr. T.G.M. Kleinpenning

Dit proefschrift beschrijft het onderzoek van 1/f ruis in diamant en in III-V verbindingen: GaAs gegroeid met Molecular Beam Epitaxy (MBE) en InP gegroeid met Chemical Beam Epitaxy (CBE). We vonden experimentele bevestiging voor de opvatting dat 1/f ruis een intrinsieke eigenschap van halfgeleiders is. Alleen de roosterstrooiing genereert 1/f ruis. De analyse van de temperatuurafhankelijkheid van de ruisparameter a wijst op fluctuaties in het aantal fononen. Door bestraling met protonen kan het GaAs rooster beschadigd worden; door annealing kan deze schade gedeeltelijk hersteld worden. We hebben de ruisintensiteit gemeten als functie van de mate van beschadiging. Zo is de relatie bestudeerd tussen 1/f ruis en roosterfouten. Verder is de 1/f ruis van polykristallijn SiGe bestudeerd bij kamertemperatuur. We zijn er als eerste in geslaagd de waarde van a voor diamant te bepalen. De a-waarde hangt van de kristalrichting af waarin de

lagen zijn gegroeid. Dit wijst er op data afhangt van de kwaliteit van het kristalrooster. Voor diamant van hoge kwaliteit is a = (1+/- 0.5) x 10^{-5}; voor diamant van lage kwaliteit is a= (4+/- 1) x 10^{3}.

De 1/f ruis in p+-type MBE GaAs wordt beschreven door a_{Latt} = 5 x 10^{-4}. De vergelijking van a_{Latt} van n-type met p-type MBE GaAs wijst erop dat a_{Latt} een materiaalconstante is, die betrekking heeft op het rooster zelf, en niet op de ladingsdragers. De metingen van ruis in p+-type GaAs met niet-gelegeerde contacten maakte de bestudering mogelijk van kwaliteit en betrouwbaarheid van de metaal-halfgeleider contacten. De 1/f ruis in CBE InP bij 77 K en bij 300 K is bestudeerd als functie van de dotering, en daardoor dus ook van de beweeglijkheid. De resultaten bewijzen dat alleen roosterstrooiing 1/f ruis genereert, en dat onzuiverheidsstrooiing de gemiddelde intensiteit van de ruis reduceert volgens formule 9 in hoofdstuk 1. De temperatuur-afhankelijkheid van ain halfgeleiders is in zijn algemeenheid nog steeds een onopgelost probleem. De gemeten variatie van a in CBE InP in het temperatuurtraject van 77 K tot 500 K is geanalyseerd aan de hand van een model waarin het aantal fononen fluctueert, en wel met een 1/f spectrum van het aantal fononen in iedere individuele mode van de roostertrillingen. Het experimentele verloop van a_{Latt} wordt dan opgevat als te zijn opgebouwd uit twee bijdragen van akoestische fononen en van optische fononen. Beneden 200 K neemt a_{Latt} toe met afnemende temperatuur. Dit verloop is bevestigd door metingen van a_{exp} in extreem zuiver CBE InP, waarin natuurlijk alleen roosterstrooiing optreedt. In A*-doped@ GaAs is de geleiding beperkt tot een dunne laag in de bulk. In de *-laag zijn er twee groepen van electronen. Uit de gemiddelde waarde van a kunnen we geen informatie krijgen over de oorsprong van de ruis. Maar als we de ruis bijdrage van iedere groep onderscheiden blijkt opnieuw het beweeglijkheidsmodel goed te werken (zie hoofdstuk 5). Bovendien, het twee-dimensionale transport in deze structuren correspondeert in de k-ruimte met een verdeling van k-vectoren van de fononen die wezenlijk verschilt van de verdeling van k-vectoren voor driedimensionaal transport. De waargenomen spectra zijn precies 1/f. Dit wijst er op dat de 1/f ruis niet opgebouwd is uit Lorentz spectra, doordat in iedere individuele mode de fonon fluctuaties een Lorentz spectrum hebben.

De 1/f ruis in polykristallijn SiGe wordt gegenereerd in de verarmingslagen van de korrels. Bij hogere concentraties van de ladingsdragers neemt de grensvlakstrooiing af, waardoor de beweeglijkheid toeneemt. Toch blijkt de ruisparameter a_{Latt} af te nemen met toenemende Hall-beweeglijkheid. Dit is echter geen argument tegen het roosterstrooiingsmodel, dat voor homogene lagen voorspelt dat a evenredig is met het kwadraat van de Hall-beweeglijkheid. In de SiGe lagen is de parameter a een gemiddelde over de verschillende gebieden. Daarom heeft het geen zin om hier vergelijking 9 uit hoofdstuk 1 toe te passen. Het gevonden verband tussen a en het verontreinigingsnivo kan goed geVnterpreteerd worden met het model waarin alleen de roostertrillingen 1/f ruis genereren. De temperatuurafhankelijkheid van a_{Latt} in MBE GaAs lijkt op die in InP. De 1/f ruis in MBE GaAs neemt toe als het kristalrooster beschadigd wordt door bestraling met protonen. De bestraling vormt naast eenvoudige puntfouten ook clusters en complexen van fouten. De clusters en complexen genereren 1/f ruis, maar de puntfouten niet. De 1/f ruis kan verminderd worden door annealing. Het annealing proces is gekarakteriseerd door een activeringsnergie E_a = 1 eV. Dit is van de orde van de cohesie energie van een beschadigd kristalrooster.

De belangrijkste conclusies van dit proefschrift zijn:

i) 1/f ruis in halfgeleiders is een intrinsieke eigenschap van het materiaal.
De ruis is een bulk effect.

ii) De 1/f ruis wordt gegenereerd door fluctuaties in het aantal fononen in modi van de roostertrillingen. De parameter a_{Latt} is afhankelijk van het materiaal en de temperatuur.

iii) Beschadiging van het kristalrooster veroorzaakt een toename van de 1/f ruis.

* * *

MODELLING, DESIGN AND FABRICATION OF A GaAs- BASED INTEGRATED PHOTORECEIVER FOR SHORT DISTANCE OPTICAL COMMUNICATION

J.S. Wellen
23 april 1997
Promotoren: prof. dr. ing. L.M.F. Kaufman en prof. dr. M. van Rossum

De ontwikkeling van steeds snellere computersystemen leidt tot de behoefte aan even snelle verbindingen. Voor de uitwisseling van gegevens tussen systemen worden optische verbindingen dan ook steeds belangrijker. En bij toenemende snelheden zijn deze optische verbindingen op steeds kleinere schaal nodig, zelfs voor communicatie tussen chips onderling. Bij dergelijke afstanden spelen verliezen, zoals die bij glasvezelverbindingen over lange afstand optreden, in mindere mate een rol. De golflengte van het gebruikte licht wordt hierdoor dan ook niet voorgeschreven. Zenders en ontvangers dienen echter ook voor deze systemen nauwkeurig ontworpen te worden om een optimale elektro-optische conversie te garanderen. Dit proefschrift beschrijft het ontwerp en de realisatie van een monolithisch geintegreerde optoelektronische ontvanger. Voor korte golflengtes kunnen zowel detectoren als transistoren voor deze ontvanger geïmplementeerd worden met technologie gebaseerd op galliumarsenide. Metaal-halfgeleider-metaal (MSM) fotodetectoren met een planair elektrodepatroon maken de directe afbeelding van optische signalen tussen circuitmodules mogelijk. Bovendien beschikt men met het GaAs/AIGaAs materiaalsysteem over een goed ontwikkelde transistortechnologie. Transistoren met hetero-structuren, met name pseudomorfe High Electron Mobility Transistoren (pHEMTs), maken de ontwikkeling van snelle versterkerschakelingen mogelijk. De monolithische integratie van de detector met een versterker op eenzelfde chip reduceert bovendien de invloed van parasitaire effecten op de prestaties van de ontvanger. Er wordt een overzicht gegeven van de fysische aspecten die een rol spelen bij de donkerstroom en responsiviteit van MSM structuren als fotodetectoren. Er wordt getoond dat dit gedrag zeer afhankelijk is van de aangebrachte spanning en ook het tweedimensionale karakter van de detector kan het dynamisch gedrag beïnvloeden. Voor toepassing in geïntegreerde ontvangers, waar de tijdschaal kleiner is dan de oversteektijd, kan een vereenvoudigd equivalent circuitmodel gebruikt worden. MSM detectoren zijn vervaardigd op verschillende materialen. Detectoren op semi-isolerend GaAs substraat vertonen donkerstromen welke verwacht mogen worden. De responsiviteit voor fotonenergieën groter dan de halfgeleider bandafstand laat versterking zien bij lage frequenties. Dit wijst op de aanwezigheid van zgn. traps aan de oppervlakte van het halfgeleidermateriaal. Optische pulsmetingen tonen naijlend gedrag in de responsies wat kan worden teruggebracht door vergroting van de aangebrachte spanning. Dit kan worden verklaard door de aanwezigheid van langzame ladingsdragers dieper in de structuur, in combinatie met een lange levensduur. Bij 4 V is de gemeten bandbreedte bij een 50 Ohm belasting meer dan 20 GHz.

Structuren vervaardigd op epitaxiaal, bij lage temperaturen gegroeid, GaAs tonen een veel snellere responsie, ook bij lage spanningen. Dit toont dat de levensduur van de ladingsdragers in het L.T. GaAs duidelijk lager is. Hetzelfde wordt verwacht voor MSM structuren op materiaal dat is geVmplanteerd met arsenide. Dit materiaal liet een zeer hoge weerstand zien bij anneal temperatuur van 600 ^{0}C. MSM structuren zijn ook gefabriceerd op amorf InGaAs gegroeid op GaAs substraten. Hoewel de detecteerbare golflengte is uitgebreid naar 1300 nm, is de responsiviteit laag in vergelijking met GaAs detectoren, en is de gemeten donkerstroom veel hoger. Voor de toepassing van pseudomorfe HEMT's in geïntegreerde schakelingen is het fabricage procédé aangepast om voldoende uniformiteit te kunnen waarborgen. Een belangrijk aspect in deze is de vorming van het gate-contact. Voor een uniforme drempelspanning is een selectief natchemische etsproces gebruikt voor de gate recess. Hiervoor is een lagenstructuur ontworpen met aluminiumarsenide etsstop lagen. De standaarddeviatie gemeten aan de drempelspanning is hierdoor teruggebracht van 500 naar 20 mV. Het ontwerp van de structuur is uitgevoerd met behulp van een quasi-tweedimensionaal numeriek model dat is afgeleid om de elektrische eigenschappen van pseudo-morfe HEMTs te relateren aan structuur- en materiaalparameters. Voor circuitsimulaties is het model echter te bewerkelijk en daarom is een equivalent circuitmodel afgeleid voor de DC en klein-signaal RF simulaties van ontvanger-schakelingen. Het model is in staat gebleken het niet-lineaire DC gedrag en de hoogfrequente karakteristieken van pHEMTs redelijk nauwkeurig te beschrijven. Sommige punten dienen echter verbeterd te worden, met name het gedrag rond de drempelspannings. Gezien de bandbreedtes die behaald kunnen worden met transimpedantieversterkers, is deze topologie gekozen voor de uiteindelijke ontvangerschakeling. Een common-gate FET is gebruikt als aktieve terugkoppeling om een flexibele aanpassing van de overdrachtfunctie van de ontvanger mogelijk te maken. Voor implementatie door middel van GaAs MSM/pHEMT technologie is het circuitontwerp afgestemd met behulp van RF simulaties. Dit heeft geleid tot een maskerset voor fabricage. Ontvangerschakelingen zijn vervaardigd en getest. Uit de DC en RF karakteriseringen kan

worden opgemaakt dat de ontvanger functioneert volgens het ontwerp. Een bandbreedte van 6.5 GHz is gemeten voor een impedantie van 1 k Ohm hetgeen overeenkomt met de ontwerpspecificaties.

* * *

ORTHONORMAL BASES FOR ADAPTIVE FILTERING

H.J.W. Belt
12 mei 1997
Promotoren: prof. dr. ing. H.J. Butterweck en prof. dr. ir. W.M.G. van Bokhoven

In de praktijk wordt voor adaptieve filters meestal gebruik gemaakt van de zogeheten tapped-delay line (TDL). De TDL is opgebouwd uit een cascade van vertragers. Ieder vertragingselement bevat aldus een sample-waarde van een vertraagde versie van het ingangssignaal. Al deze vertraagde versies van het ingangssignaal worden gewogen en opgeteld. Dientengevolge wordt de uitgang van de TDL gevormd door een lineaire combinatie van verschillend vertraagde versies van zijn ingang. Het aantal vertragingselementen, dus ook het aantal gewichten, bepaalt de duur van de impulsresponsie van de TDL. In een algemeen adaptief filterschema probeert het adaptieve filter een bepaalde maat van een fout tussen zijn uitgangssignaal en een gewenst signaal te minimaliseren. Meestal wordt voor deze maat een kwadratisch criterium genomen, de zogeheten mean-squared error. Er is een uitgebreide literatuur over de adaptieve optimalisatie van de gewichten. Een problematisch aspect van de TDL is dat zijn geassocieerde basisfunkties, vertraagde versies van de eenheidspulsfunktie, extreem gelokaliseerd zijn in de tijd. Dientengevolge is een groot aantal vertragingselementen benodigd om het gedrag van dynamische systemen met een groot geheugen na te bootsen. Een groot aantal gewichten kan om verschillende redenen problematisch zijn voor een adaptief filter. Ten eerste omdat veel (duur) geheugen vereist is om de gewichten en oude waarden van het ingangssignaal op te slaan. Daarnaast leidt een groot aantal gewichten tot een groot aantal rekenkundige bewerkingen om de convolutie met het ingangssignaal uit te voeren. Bovendien fluctueert ieder gewicht in de stationaire toestand rond zijn eindwaarde en levert hierdoor een bijdrage aan een ruissignaal op de uitgang. Het cumulatieve effect van de ruisbijdragen van een groot aantal gewichten is een beperkende factor met betrekking tot de prestaties van het adaptieve filter.

In dit proefschrift wordt een aantal alternatieve structuren voor adaptieve filters bestudeerd. In het bijzonder worden lineaire regressiemodellen onderzocht, waarvan de uitgang een gewogen sommatie is van gefilterde versies van het ingangssignaal. De filters in de beschouwde lineaire regressiemodellen hebben impulsresponsies van oneindige lengte, hetgeen goed past bij systemen met een lang geheugen. Door de overeenkomsten tussen de TDL en een lineair regressiemodel kunnen adaptatie-algoritmen zoals het Least-Mean-Square (LMS) algoritme en het Recursive Least-Squares (RLS) algoritme, die oorspronkelijk waren ontwikkeld voor de TDL, worden gebruikt. Een goede keuze van de filterset in het regressiemodel bij een bepaalde applicatie leidt ertoe dat men met minder adaptieve gewichten kan volstaan dan met een TDL. In dit proefschrift worden verschillende mogelijke sets van filters voor een adaptief lineair regressiemodel onderzocht. Voor adaptieve filters, 50 Optimal Orthonormal Approximations zijn met name die sets van filters interessant, waarvan de impulsresponsies complete systemen van orthonormale funkties vormen. We beschouwen (generaliseerde) Laguerre, Kautz. Jacobi, Legendre en Meixner-like filters en behandelen hun relevante eigenschappen. Deze filters bevatten parameters (bijvoorbeeld polen) die vantevoren gekozen dienen te worden. We beschouwen enige methoden om goede waarden voor deze parameters te vinden. Als bijprodukt van de behandelde methoden stellen we een manier voor om goede waarden te vinden voor de vrije parameters in afgekapte Hermiet-expansies van signalen met een eindige support. Het gedrag van het LMS algoritme ten behoeve van de optimalisatie van de gewichten in lineaire regressiemodellen wordt bestudeerd. Hierbij wordt gekeken naar convergentiesnelheid en naar de misadjustment. Vervolgens stellen we een adaptief algoritme voor om de vrije parameter (een meervoudige pool) van een Laguerre filter te optimaliseren. Tenslotte beschouwen we de adaptieve optimalisatie van een complex poolpaar voor een specifiek tweede orde IIR adaptief filter, te weten een zogeheten adaptive line enhancer.

* * *

TRANSIENT ELECTROMAGNETIC EXITATION OF BIOLOGICAL MEDIA BY CIRCULAR LOOP ANTENNA

E.S.A.M. Lepelaars
21 mei 1997
Promotoren: prof. dr. A.G. Tijhuis en prof. dr. ir. H. Blok

In dit proefschrift wordt het gedrag van gepulste elektromagnetische velden onderzocht voor een tweetal representatieve problemen met biologische media en ronde draad antennes. Omdat de velden gepulst zijn moeten de constitutieve parameters van de verschillende weefseltypen als functie van de frequentie bekend zijn. Daarom wordt het diëlektrisch gedrag van deze media eerst besproken. In het algemeen zijn biologische media sterk dispersief en als gevolg daarvan ook verliezend. In het beschouwde frequentiegebied variëren de permittiviteit en de geleidingscoNfficiënt van de verschillende weefsels over enkele decaden. De complexe permittiviteit wordt beschreven door een Debye dispersiemodel waarvan de relevante parameters voor bloed, huid-, vet- en botweefsel worden bepaald uit experimentele gegevens door middel van curve-fitting. Voor spierweefsel wordt een bestaand model uit de literatuur gebruikt. In het eerste probleem wordt de elektromagnetische excitatie van een vlak gelaagde structuur van lucht, huid-, vet-, spier- en botweefsel beschouwd, om gepulste elektromagnetische velden in biologische media te karakteriseren. Als bron wordt een elektrische stroompuls langs een ronde dunne draad gebruikt, welke zich parallel aan de scheidingsvlakken in de vrije halfruimte bevindt. Om de analyse hanteerbaar te houden wordt het probleem in drie fasen behandeld . In de eerste fase wordt verondersteld d at de st room langs de draad uniform is. Dit betekent dat het probleem rotatiesymmetrisch is. Verder wordt aangenomen dat de permittiviteit stuksgewijs constant is als functie van de diepte in het weefsel. Beide aannamen resulteren in een eenvoudige vorm van de elektromagnetische veldvergelijkingen. De oplossing wordt verkregen met behulp van een ruimtelijke Hankeltransformatie en met het formalisme van transfer matrices. De beschouwde stroompuls langs de draad heeft als functie van de tijd een Gaussische vorm met een variërende pulslengte. Uit de resultaten concluderen we dat dispersie een vertragend en verzwakkend effect heeft op de voortplanting van gepulste elektromagnetische velden. Verder veroorzaken herhaalde reflecties ten gevolge van de gelaagdheid van het weefsel extra fluctuaties van het veld.

Voor pulsen die kort zijn in vergelijking tot de omlooptijd langs de draad beschrijft een hoekonafhankelijke stroomverdeling de fysische situatie onvoldoende. Daarom wordt, als tweede stap, een hoekafhankelijke stroom langs een perfect geleidende ronde dunne draad in een homogeen medium beschouwd. De draad wordt geëxciteerd door een opgedrukte spanning over een smalle spleet in de draad of door een invallend elektromagnetisch veld. Dit probleem wordt zowel numeriek als analytisch opgelost. De numerieke methode is gebaseerd op de integraalvergelijking van Hallén voor de totale stroom langs de draad. welke is afgeleid met behulp van dunne draad benaderingen en een speciale techniek met Greense functies. Omdat de ronde draad rotatie-invariant is. kan de gediscretiseerde versie van deze vergelijking efficiënt worden opgelost met behulp van fast Fourier transformations. Voor zowel de stroom als het opgewekte veld worden resultaten gepresenteerd. Uit deze resultaten blijkt onder meer dat de stroom, opgewekt door een Gaussische spanningspuls! een stationaire waarde bereikt voor late tijden en dat deze waard en iet afhangt van de permittiviteit van het omringende medium. Om dit verschijnsel in detail te kunnen begrijpen wordt het probleem ook in gesloten vorm opgelost met behulp van reeksontwikkelingen. Voor de stationaire stroom en voor de stroom- en veldverdeling van langzame pulsen zijn analytische uitdrukkingen afgeleid, waaruit blijkt dat voor langzame pulsen de stroom vrijwel uniform is, maar dat het elektrische veld sterk van de hoek afhangt. Als derde en laatste stap wordt de hoekafhankelijke stroomverdeling in een gelaagde configuratie beschouwd. Koppelingseffecten tussen de stroom langs de draad en het levende weefsel worden meegenomen door het gereflecteerde veld van de diëlektrische halfruimte als extra invallend veld in de integraalvergelijking te behandelen. Door gebruik te maken van het superpositie-principe kan dit veld worden beschouwd als opgebouwd uit de gereflecteerde velden van de individuele elektrische dipolen boven het gelaagde medium. Deze elementaire oplossingen worden uitgedrukt in spectrale vorm met behulp van een tweedimensionale ruimtelijke Fouriertransformatie. De spectrale componenten worden wederom verkregen door toepassing van het transfer-matrixformalisme. Een speciale methode is ontwikkeld om twee onafhankelijke oplossingen te bepalen voor het geval dat het medium lokaal inhomogeen is. De tweedimensionale ruimtelijke inverse

Fourier-transformatie wordt uitgevoerd door een combinatie van analytische technieken en een vaste, samengestelde Gaussische quadratuur . De resultaten leiden tot de conclusie dat het veld sterk afhangt van de positie van het waarnemingspunt ten opzichte van de positie van de spanningsexcitatie en dat er een overgangsgebied is van korte naar lange pulsen. De pulsduur waarbij deze overgang zich voordoet staat in direct verband met de omlooptijd langs de draad. Koppeling speelt alleen een rol wanneer de draad zich relatief dicht bij de gelaagde weefselstructuur bevindt. De resultaten voor een discontinu gelaagde configuratie en voor een configuratie met continue overgangen blijken praktisch hetzelfde te zijn. Tenslotte mag de beschouwde configuratie als hoek-onafhankelijk worden beschouwd indien de afstand tussen de draad en het weefsel voldoende groot is en indien de puls voldoende langzaam is. Het tweede probleem betreft een haalbaarheidsstudie naar de mogelijkheid om defecten in een bepaald type kunstmatige hartklep te detecteren. Een mechanisch defect kan de kleinste van een tweetal binnenlussen van de hartklep zodanig aantasten. dat dit leidt tot een breuk. Patiënten waarbij een dergelijke hartklep is geïmplanteerd lopen daardoor gevaar voor hun leven. Daarom bestaat er behoefte aan een detectietechniek. Omdat het belangrijkste deel van de hartklep bestaat uit een zeer goed geleidende ring worden een aantal concepten van het voorgaande probleem gebruikt om een inschatting te maken van de haalbaarheid van zo'n detectietechniek. Een volledig gesloten ronde draad. een ronde draad met een weerstand en een ronde draad met een onderbreking, welke achtereenvolgens een perfecte klep, een beginnende breuk en een volledige breuk representeren, worden daarbij beschouwd als vereenvoudigde modellen van de hartklep. Er wordt onderzocht of het mogelijk is om de toestand van het hartklepmodel op afstand waar te nemen met behulp van een tweede, door een spanning geëxciteerde ronde draad in een homogene omgeving van bloed. Het detectie-principe is gebaseerd op het "late tijd"-gedrag van de stroom langs een enkele ronde draad. Zoals eerder opgemerkt blijft er in het geval van een perfecte ronde draad een stationaire stroom aanwezig voor late tijden. Wanneer in de draad een weerstand wordt opgenomen, blijkt dat de stroom na verloop van tijd exponentieel dempt met een afvaltijd die afhangt van de waarde van de weerstand. In een volledig gebroken ronde draad is voor late tijden geen elektrische stroom meer aanwezig. Wanneer het hartklepmodel wordt geëxciteerd door een tweede ronde draad die een catheter voorstelt wordt ditzelfde gedrag voor late tijden ook in deze draad waargenomen. Vandaar dat zowel excitatie als detectie kunnen worden uitgevoerd met dezelfde secundaire lus. Omdat een ronde draad met een weerstand of met een onderbreking niet meer rotatie-invariant is, kan de eerder genoemde efficiënte methode met fast Fourier transformations nu niet meer worden toegepast. In plaats daarvan wordt de Conjugate-Gradient-FFT methode gebruikt. Uit de resultaten blijkt dat het waarschijnlijk mogelijk is om met een tweede lus de toestand van de eerste te bepalen. Er moet echter worden opgemerkt dat experimentele verificatie dringend noodzakelijk is en dat als volgende stap een meer realistisch model van de hartklep moet worden beschouwd.

* * *

ASYMMETRICAL SUPPLY OF INDUCTION MACHINES

S.G. Bosga
23 mei 1997
Promotoren: prof. dr. ir. A.J.A. Vandenput en prof. dr. ing. R.W. De Doncker

De driefasige inductiemachine is een robuuste en betrouwbare machine die industrieel wordt toegepast in een grote verscheidenheid van elektrische aandrijvingen. Het toenemende gebruik van vermogenselektronica om deze machine te voeden breidt bovendien deze verscheidenheid nog verder uit naar het gebied van de - soms hoogdynamisch - regelbare aandrijvingen. Tegelijkertijd echter, garandeert de toevoeging van vermogenselektronica niet noodzakelijkerwijs dat de betrouwbaarheid van de complete aandrijving gelijk of beter is dan de betrouwbaarheid van een inductiemachine die direct, zonder convertor, op het net is aangesloten. In de praktijk leidt het falen van een enkele vermogensschakelaar of diens stuurcircuit er vaak toe dat de complete aandrijving wordt uitgeschakeld. Echter, onder bepaalde omstandigheden is zo'n uitschakeling niet strikt noodzakelijk. Het voorkomen van dergelijke onnodige uitschakelingen zou leiden tot een verbetering van de betrouwbaarheid van de aandrijving. Daarvoor is het nodig om te weten wat voor bedrijf van de aandrijving nog mogelijk is terwijl er een defect in de convertor aanwezig is. In dit proefschrift wordt een classificatie van dergelijke defecten gepresenteerd, gebaseerd op hun effect op de aandrijving. Hierbij zijn stroomdefecten die defecten die gerelateerd zijn aan een open circuit in de convertor, en zijn spanningsdefecten gerelateerd

aan een kortsluiting. Een belangrijk onderscheid is ook of het sterpunt van de statorwikkelingen van de machine zo is aangesloten dat een sterpunt- of wel homopolaire stroom kan vloeien. In dat geval is er namelijk meer redundantie in de configuratie aanwezig, en kan overbruggingsbedrijf in geval van een defect eenvoudiger worden toegepast. In het geval dat een complete statorfase door een defect wordt geopend, maakt een geschikte regeling van de sterpuntstroom overbruggingsbedrijf mogelijk met een constant koppel, dat echter wordt beperkt door de verhoogde stroombehoefte van de twee resterende fasen. Om dit soort bedrijf te onderzoeken, moest het standaard machinemodel worden uitgebreid met een homopolaire impedantie. Op basis van dit uitgebreide model werd een sturing van de sterpuntstroom gerealiseerd voor een spanningsgevoede machine Experimenten lieten een geslaagd overbruggingsbedrijf zien, maar toonden ook aan dat een sterpuntstroom leidt tot verzadiging in het circuit van de hoofdflux.

Zonder sterpuntaansluiting is het verlies van JJn statorfase een zeer ernstig defect dat overbruggingsbedrijf in de meeste gevallen niet toelaat. Een snelle regeling van de stroom in de overgebleven fasen kan in dat geval de harmonische inhoud van de onvermijdelijke koppelpulsaties verminderen, of kan worden gebruikt om laagfrequente componenten uit de koppelrimpel te verwijderen. Helaas is het niet mogelijk om de amplitude van de rimpel te reduceren tot minder dan 100% van het gemiddelde koppel, en vereist een noemenswaardige verbetering van het koppel een hoge piekstroom in de resterende fasen. Overbruggingsbedrijf is derhalve alleen mo gelijk als het mechanische deel van de aandrijving een aanzienlijke koppelrimpel kan verdragen en als de convertor in staat is hoge piekstromen te leveren. Een open circuit van Jen enkele schakelende component is een defect waarbij overbruggingsbedrijf met meer succes kan worden toegepast. Onderzocht werd het geval van een open circuit van een enkele component van een spanningsinvertor met zes schakelaars. Dit defect veroorzaakt een open circuit van een enkele statorfase gedurende een beperkt tijdsinterval in iedere periode van de statorstroom . Wordt de machine gebruikt als generator, dan kunnen de resterende componenten worden gebruikt voor overbruggings-bedrijf met constant koppel. Dit werd gerealiseerd met behulp van een nieuwe rotorfluxgeoriënteerde regelmethode, die tot doel had het koppel constant te houden door - indien nodig - variaties van de magnetiseringsstroom toe te staan. Tijdens motor-bedrijf duurt het open circuit van een fase veel langer. In dat geval is het helaas niet mogelijk om een constant koppel te behouden, noch is het mogelijk om de amplitude van de koppelrimpel te reduceren tot beneden een theoretisch minimum van 100% van het gemiddelde koppel. De nieuwe regelmethode beperkt echter de duur van de optredende koppeldip aanzienlijk. Deze beperking vereist een verhoogde stroom in de meeste overige componenten. Ook in dit geval hangt de realiseerbaarheid van overbruggings-bedrijf af van het mechanische systeem en van de overstroom-capaciteit van de convertor.

Spanningsdefecten - kortsluitingen van een gehele fase of van een enkele component -staan in de praktijk geen overbruggingsbedrijf toe. Indien het sterpunt is aangesloten, is overbruggingsbedrijf theoretisch mogelijk, zelfs al is een gehele statorfase constant kortgesloten. Dit zou echter extreem hoge stromen vereisen, die geen enkele normaal gedimensioneerde convertor in staat is te leveren. In geval van een spanningsinvertor resulteert de kortsluiting van een enkele component eveneens in extreem hoge stromen. Het is theoretisch onmogelijk om de overgebleven componenten zo aan te sturen dat overbruggingsbedrijf zonder extreme koppelpulsaties en overstromen wordt verkregen. Om enige vorm van overbruggingsbedrijf mogelijk te maken, moeten kortsluitingen zoveel mogelijk worden vermeden. Treden zij toch op, dan moeten ze zo snel mogelijk worden omgezet in open circuits. Het aansluiten van het sterpunt van de statorwikkelingen vergroot de mogelijkheden voor overbruggings bedrijf aanzienlijk. Tenslotte is het belangrijk om defecten zoveel mogelijk te beperken tot één enkele component, zodat een maximaal aantal componenten operationeel blijft.

Overbruggingsbedrijf vereist een toename in de complexiteit van het regelsysteem. In het kader van dit proefschrift werden regelingen en ook real-time simulaties geïmplementeerd op een krachtig digitaal - signaalprocessor-systeem. Terwijl verdere ontwikkeling van dergelijke systemen industriële toepassing ervan in elektrische aandrijvingen mogelijk zal maken, is aangetoond dat ook met minder geavanceerde hardware, strategieën voor overbruggingsbedrijf kunnen worden gerealiseerd.

* * *

ANALOG DESIGN AUTOMATION: TOPOLOGY SELECTION AND PIECEWISE LINEAR MODEL GENERATION

P. Veselinovic
16 juni 1997
Promotoren: prof. dr. ir. W.M.G. van Bokhoven en prof. dr. ing. J.A.G. Jess

Dit proefschrift behandelt enkele resultaten van een onderzoek op het gebied van het automatiseren van topologie selectie binnen een module generator en de automatische generatie van stuksgewijs lineaire modellen. Het doel van een selectie proces is om die topologieën te voorspellen welke geschikt zijn om aan de gevraagde specificaties te kunnen voldoen. Daarnaast moet dan uit de set van geschikte kandidaten de meest optimale gevonden worden Vanwege de beperkingen, opgelegd door de vereiste ontwerpkennis is in een geautomatiseerde ontwerp-omgeving de set van alternatieve topologieën voor een gegeven circuit beperkt. Indien topologie selectie, circuit dimensionering en optimalisatie sequentieel uitgevoerd worden zal de selectie tot doel hebben dat de gekozen topologie de hoogst mogelijke slagingskans heeft in de dimensioneringsfase. Het gegeven of een bepaalde topologie aan de vereisten kan voldoen wordt bepaald door zijn 'prestatie' (oplossings) ruimte. Dit is de ruimte in welke tijdens dimensionering en optimalisatie het optimale punt gezocht wordt, vastgelegd door de opgelegde eisen. Een nieuwe methode voor de topologie selectie binnen een geautomatiseerd analoog synthese systeem wordt gepresenteerd. De methode bestaat uit het sequentieel toepassen van twee procedurele filters, respectievelijk gebaseerd op het afzoeken van de randen van een ruimte en het toepassen van interval analyse. Hierna volgt dan nog een regel-gebaseerd filter. Deze combinatie laat een afweging toe tussen de nauwkeurigheid in selectie en de hiervoor benodigde tijd. Van deze methode worden praktische evaluatie resultaten getoond welke een acceptabele werking laten zien. De methode is geïmplementeerd in het topologie selectie programma van een analoge module generator. Deze generator is beschikbaar en is getest op een aantal actuele circuits. Het is aangetoond dat, gegeven de randvoorwaarden, het gebruik van een oplossingsruimte het meest geschikt is om selectie uit te voeren. Verder blijkt dat de verkregen resultaten uit de oplossingsruimte tevens geschikt zijn voor dimensionering en optimalisatie in een latere fase.

De toegepaste interval analyse gaat er vanuit dat de oplossingsruimte is geconstrueerd uit een systeem van lineaire vergelijkingen en ongelijkheden. Dit systeem is afgeleid uit het analytische model van de topologie, de opgegeven specificaties en de eisen. Grote modellen vergen een langere evaluatietijd maar geven een verhoogde nauwkeurigheid vergeleken bij kleinere modellen. De analytische modellen zijn vaak niet-lineair hetgeen een probleem is voor de gekozen selectie methode. De oplossing is dan om het model te lineariseren of door gebruik te maken van stuksgewijs lineaire modellen. De optimale oplossing van een lineair systeem is gemakkelijker te verkrijgen dan die voor een niet-lineair systeem. Daarnaast kost het minder tijd en kan de oplossing altijd gevinden worden. Indien we gebruik willen maken van Lineaire Programering (LP) zouden we het niet-lineaire gedrag van de analoge elementen moeten benaderen door een set van lineaire segmenten. De verzameling van deze segmenten wordt een stuksgewijs lineair (PL) model genoemd. Het is echter een gegeven dat het vinden van zo'n benadering moeilijk is. Tot nu toe is de ontwikkeling en prototyping van accurate stuksgewijs lineaire modellen voor een gegeven PL beschrijving een handmatig proces geweest. Dit handmatige proces is erg traag, foutgevoelig, heeft geen efficiënte controle en afschatting voor de nauwkeurigheid en is niet algoritmisch. Om dit proces te kunnen automatiseren, moet de methode duidelijk gedefinieerd zijn en moet bestaan uit stappen welke uitvoerbaar zijn gegeven de beperkte initiële informatie. Een algoritmische methode brengt geen verbetering als het alleen maar is voortgekomen uit het automatiseren van handmatige proces. De werkelijke verbetering t.o.v. een handmatig proces met vergelijkbare resultaten ligt in de snelheid, betrouwbaarheid en controle van de nieuwe methode. Een methodiek voor de automatische generatie van stuksgewijs lineaire modellen wordt gepresenteerd. Allereerst zullen de PL techniek en een PL representatie geïntroduceerd worden. De methode om de model generatie te automatiseren zal dan stap voor stap gepresenteerd worden. Alle inherente problemen en implementatie aspecten zullen behandeld worden naast de voorgestelde oplossing. Ter illustratie van de potentiële mogelijkheden zal een vergelijk tussen vroegere en nieuwe, door de voorgestelde methode gegenereerde, modellen gegeven worden.

* * *

NEURAL NETWORKS: ANALOG VLSI IMPLEMENTATION AND LEARNING ALGORITHM

H.C.A.M. Withagen
17 juni 1997
Promotoren: prof. dr. ir. W.M.G. van Bokhoven en prof. dr. ir. R.H.J.M. Otten

Neurale netwerken zijn in staat oplossingen te bieden voor complexe problemen (bijv. spraak- en handschrift-herkenning) op basis van grote aantallen aangeboden correcte voorbeelden. Tijdens het leerproces worden parameters in het netwerk bijgesteld volgens een leerregel. In dit proefschrift worden verschillende aspecten beschreven die betrekking hebben op de elektronische implementatie van neurale netwerken. Analoog aan de menselijke hersenen is gekozen voor een analoge elektronische implementatie waarbij gebruik wordt gemaakt van eenvoudige, kleine en mogelijk niet-ideale elementen; neuronen en synapsen. Grote netwerken worden gerealiseerd door chips te combineren waarop neuronen en synapsen apart zijn geïmplementeerd. Iedere gewenste feed-forward netwerk architectuur kan op deze manier worden gerealiseerd. Deze flexibiliteit in architectuur introduceert de noodzaak van schaling van grootheden in een netwerk. Een optimale vorm van schaling wordt bepaald aan de hand van een statistische analyse van de invloed van fouten in een netwerk. Deze fouten worden meestal veroorzaakt door kwantisatie van gewichtswaarden in synapsen. Twee implementatie methoden zullen worden bekeken. Een tijd-discrete, puls methode waarbij analoge waarden worden gerepresenteerd door middel van repeterende binaire signalen en een analoge, tijd-continue methode. Een vergelijking tussen de twee methoden toont aan dat beide vergelijkbare prestaties leveren. In het geval van de analoge, tijd-continue implementatie is een compleet systeem gerealiseerd. Dit systeem bestaat uit 2 synapse en 2 neuron chips die gezamenlijk een 2-laags feed-forward netwerk realiseren. Onafhankelijk van het aantal synapsen of neuronen in een laag, is de vertraging per laag in het gerealiseerde netwerk ongeveer 1 ms. Van de gerealiseerde synapsen en neuronen zijn algemene modellen opgesteld die gebruikt kunnen worden tijdens simulaties van te realiseren netwerken. Een aantal leer-algoritmen die in combinatie met de gerealiseerde chips kunnen worden gebruikt, zijn bestudeerd. Uit het oogpunt van flexibiliteit kan het best gekozen worden voor een globale, digitale implementatie van een leerregel. Gecombineerd met de digitale opslag van gewichtswaarden en periodieke verversing naar het analoge feed-forward netwerk, levert dit het beste resultaat.

* * *

ON NOISE AND REFRACTIVE INDEX OF PHOTONIC MATERIALS AND DEVICES

P.J.L. Hervé
19 juni 1997
Promotoren: prof. dr. ir. W.M.G. van Bokhoven en prof. dr. C. Alibert

Dit proefschrift bestaat uit drie delen. Elk deel behandelt een aantal specifieke aspecten van "photonic devices". In het eerste deel geven we een overzicht van de belangrijkste resultaten van het onderzoek van de laatste tien jaar naar de laagfrequentruis in "photonic devices". Aan de orde komen de 1/f ruis in optische vezels, de elektrische en de optische 1/f ruis in halfgeleider-lichtbronnen zoals laserdiodes, en de elektrische ruis in moderne fotodetectoren. Ook presenteren we resultaten waarbij ruis gebruikt wordt als diagnose middel. In het tweede deel van dit proefschrift richten we ons op de brekingsindex n van isolatoren en halfgeleider-materialen. We beschrijven een nauwkeurige methode om de brekingsindex van substraten te meten. Deze meetmethode, die we toepassen op InP substraten, is gebaseerd op een "grating coupling" techniek. Deze meetmethode levert waarden op voor n met een absolute fout van ongeveer 3.10^{-4}. Met deze experimentele opstelling is het ook mogelijk de golflengte- en temperatuurafhankelijkheid van n te bepalen. Metingen zijn gedaan aan n- en ptype InP bij golflengten van 1.3 mm en 1.55 mm. Er zijn 21 samples gemeten waarvan de dopingsconcentratie varieert over een groot bereik. Er is gevonden dat n afneemt met toenemende dopingsconcentratie. We nemen aan dat de toename in intrabandabsorptie van vrije ladingsdragers de belangrijkste oorzaak is van de afname van n bij een toenemende concentratie van vrije ladingsdragers. We stellen een relatie voor tussen de brekingsindex n en de bandgap Eg welke gebaseerd is op elementaire fysica. Deze relatie, gegeven door $n^2 = 1 + (13.6/(Eg+3.4))^2$, is toegepast op ruim honderd materialen en beschrijft n met een nauwkeurigheid beter dan 8%. In vergelijking met andere relaties is onze vergelijking nauwkeuriger voor de meeste "compounds" die gebruikt worden in opto-elektronische structuren en vooral beter voor

"high- energy bandgap" materialen. Het gedrag van de IV-VI groep daarentegen wordt door ons model niet goed beschreven. Uit de bovenstaande relatie hebben we de temperatuurafhankelijkheid van n afgeleid. Voor de temperatuurafhankelijkheid van de brekingsindex voor verschillende halfgeleiders vergelijken we drie relaties die gebaseerd zijn op onze vergelijking en op de formules van Moss en Ravindra. De temperatuurcoNfficienten zoals ze bepaald worden uit onze relatie komen goed overeen met experimentele data, zelfs voor diamant en PbSe die afwijkend gedrag vertonen. We veronderstellen dat twee parameters temperatuurafhankelijk zijn: namelijk de bandgap als enige materiaal parameter en een parameter B met een temperatuurcoNffficiNnt gegeven door B_1 = dB/dT =$2.5.10^{-5}$ K^{-1} die we constant veronderstellen voor alle bestudeerde materialen We hebben gevonden y= (dn/dT)/n = $(n^2 - 1)^{2/3}$ (dEg/dT + B_1)/(13.6n^2). Voor InP hebben we experimenteel een waarde van y= 2.10^{-4} K^{-1} gevonden. Onze relatie voorspelt y=1.510^{-4} K^{-1} hetgeen aantoont dat onze relatie gebruikt kan worden als een eerste benadering bij simulatie.

In het derde gedeelte van dit proefschrift bestuderen we de ruiskarakteristieken van een aantal "photonic devices." Ten eerste presenteren we nieuwe resultaten gevonden bij "polymer lightemitting diodes." We vergelijken twee modellen voor het beschrijven van de relatie tussen de stroomdichtheid J en het aangelegde elektrische veld E: namelijk het Fowler-Nordheim tunnellingmodel en een bulktransportmodel met ruimteladingseffecten. Het transport van ladings-dragers in polymeerfilms wordt in hoge mate bepaald door een "self-trapping" proces, waarin ladingsdragers van de ene vaste plaats naar de andere springen waarbij de verblijftijd in een vaste plaats lang is vergeleken bij de tijd van het bewegen. Als gevolg hiervan is de geobserveerde mobiliteit zeer laag, 10^{-8} - 10^{-7} cm^2/Vs, en evenredig met $\exp(E^{1/2})$. Met een model gebaseerd op bulktransport van ladingsdragers met een mobiliteit die afhankelijk is van het elektrische veld, kunnen we een goede beschrijving geven van de experimentele resultaten. In deze diodes hebben we drie verschillende mechanismen voor degradatie gevonden. Allereerst is er een lichte daling van de geobserveerde mobiliteit met de tijd geconstateerd. Het tweede degradatie mechanisme is het onstaan van zwarte vlekken aan het kontaktoppervlak bij hoge stroomdichtheden. Dit wordt veroorzaakt door een lokale toename van de stroomdichtheid en bijbehorend een toename van de luminescentie, waarna bij een te hoge stroomdichtheid de lokale "hot spot" smelt en zodoende een zwarte vlek genereert. Het derde degradatiemechanisme is het ontstaan van parallelle geleiding eventueel uitmondend in een kortsluiting. Dit derde mechanisme trad niet op bij een nieuwe serie devices gefabriceerd met een verbeterde technologie. We hebben de elektrische ruis van deze diodes gemeten. Het elektrische ruisgedrag was verschillend voor en na degradatie. Niet gedegradeerde devices vertonen een gereduceerde schrootruis $2qIR^2$ met een reductiefactor R^2 gelegen tussen 0.4 en 0.7. Bij devices die parallelle geleiding vertonen vonden we een sterke 1/f ruis als gevolg van deze parallelle geleiding. Bij gelijke stroomdichtheid is de ruis bij 1 Hz 6 ordes van grootte sterker na degradatie.

Ten tweede hebben we de ruis in de lichtintensiteit P_0 gemeten aan het einde van een multimode glasvezel. We hebben een puur 1/f spectrum gevonden van 1 Hz tot 100 Hz. De gemeten niveaus komen ruim uit boven de achtergrondruis van de meetopstelling. De relatieve ruis in de lichtintensiteit kan worden gekarakteriseerd met behulp van de empirische relatie S_{P0}/P_0^2 = KL/f. Dus de ruis is evenredig met de lengte L van de glasvezel; voor de factor K vonden we K = 710^{-14} m^{-1}. Deze 1/f ruis wordt toegeschreven aan fluctuaties in de verzwakkingscoëfficiënt van de glasvezel. Ten derde, we hebben ruismetingen gedaan aan een nieuwe hybride "photomultiplier" buis, waarin fotonen op een fotocathode fotoelektronen genereren. Een hoogspanning op de kathode geeft deze elektronen een energie tot 15 keV. Vervolgens botsen deze elektronen op een Si-PIN diode en creëren elektron-gatparen in deze diode. We hebben de fluctuaties in de stroom door de diode gemeten. We onderscheiden twee ruisbijdragen:

- i) Een ruisbijdrage ten gevolge van de stroom I gegenereerd door de fotonen die de fotocathode passeren en vervolgens geabsorbeerd worden in de pin-diode. Dit leidt tot schrootruis ter grootte 2qI. Deze ruisbijdrage is onafhankelijk van de spanning op de fotocathode V_{PC}.
- ii) Een specifieke witte ruis evenredig met V_{PC}. Deze ruisbijdrage wordt toegeschreven aan een proces van generatie van ladingsdragers door successieve "impact ionisation" van fotoelektronen. We zien deze evenredigheid tot energieën lager dan 200 eV. We concluderen dat het multiplicatieproces start voor elektronen met een energie van minstens 50 eV die nodig is om te penetreren en te ioniseren en naar de rand van het depletiegebied te diffunderen alvorens naar de kontakten van de diode te worden getrokken. Dit komt overeen met een penetratiediepte van 5 nm in de n^+ -kant van de diode. De evenredigheid met

V_{PC}^3 geeft aan dat de ruiseigenschappen van het device slecht zijn. Dit specifieke gedrag is slechts op de voorgrond gekomen door middel van een ruisanalyse, hetgeen dus een doeltreffend diagnosemiddel blijkt te zijn.

We hebben geen 1/f ruis gevonden, zoals we die op grond van de quantum 1/f ruistheorie van Handel zouden mogen verwachten. De gemeten schrootruis bij 1 Hz was iets hoger dan de 1/f ruis zoals die berekend kan worden met de formule van Handel.

* * *

MULTIPLE-REPETITION CODING FOR CHANNELS WITH FEEDBACK

T. Veugen
23 juni 1997
Promotoren: prof. dr. ir. J.P.M. Schalkwijk en prof. dr. K.S. Zigangirov

Het proefschrift gaat over repetitie-strategieën voor discrete geheugenloze kanalen met een ruisloze terugkoppelingsverbinding. Prof.dr.ir. J.P.M. Schalkwijk heeft deze strategieën bedacht in 1971. Deze waren in eerste instantie geschikt voor het binaire symmetrische kanaal. Zijn promovendus D.W. Becker heeft dit repetitie-idee later gegeneraliseerd naar willekeurige discrete geheugenloze kanalen. Deze eenvoudig implementeerbare strategieën zijn efficiënt (hoge transmissie snelheid) en betrouwbaar (lage foutenkans). Wanneer informatie m.b.v. repetitiestrategieën in blokken van vaste lengte wordt overgezonden is het noodzakelijk om binnen het blok een staart aan het bericht toe te voegen om fouten te kunnen corrigeren. Het foutencorrigerende vermogen per blok is slechts dan gegarandeerd wanneer de staart op een geschikte manier is geconstrueerd. De mogelijkheid om een geschikte staart te construeren hangt af van de repetitie-parameters van de strategie. Er wordt een nieuwe staartconstructie bepaald en bewezen dat daarmee het foutencorrigerende vermogen voor een grotere klasse van repetitieparameters gegarandeerd is.

Repetitie-strategieën kunnen ook gebruikt worden om een continue stroom van informatie over te sturen. Een ontvangen symbool wordt dan met een bepaalde vertraging gedecodeerd. Voor deze manier van informatie overdracht was de kans dat een symbool fout wordt gedecodeerd alleen bekend voor binaire geheugenloze kanalen. De kans op een foute decodering wordt uitgerekend voor alle discrete geheugenloze kanalen. De transmissie snelheid van een repetitie-strategie is in bepaalde gevallen zelfs gelijk aan de capaciteit van het kanaal. Voor symmetrische kanalen was dit al bekend, maar in het proefschrift wordt gedemonstreerd dat dit ook geldt voor asymmetrische kanalen. Bovendien wordt aangetoond hoe voor een willekeurig kanaal de repetitie parameters gekozen moeten worden om de transmissie snelheid te maximaliseren. Wanneer het kanaal zo slecht is dat meer dan JJn derde van alle symbolen fout wordt ontvangen is het onmogelijk om een dergelijke foutenfractie altijd te corrigeren. Er worden een aantal varianten op repetitie-strategieën gepresenteerd die op zulke kanalen een redelijk hoge transmissie snelheid bereiken in combinatie met een lage foutenkans. Repetitie-strategieën kunnen voor diverse doeleinden gebruikt worden. Enkele voorbeelden zijn satelliet communicatie, opslag van gegevens in halfgeleidersgeheugens. opslag van gegevens in geheugens met bekende fouten, en het (theoretisch) bereiken van de evenwichtsprijs op economische markten. Hoewel al veel bekend is over repetitie-strategieën. zijn er helaas/gelukkig nog steeds een aantal open problemen

* * *

BLOOD PRESSURE WAVEFORM CHARACTERISTICS EXPOSED BY SPECTRAL ANALYSIS AND NEURAL NETS

A. Prentza
3 juli 1997
Promotoren: prof. ir. K.H. Wessling en prof. dr. ir. P. Gizdulich

In dit proefschrift wordt over het onderzoek gerapporteerd naar zekere eigenschappen of kwaliteiten van arteriële bloeddrukcurven, ook wel golfvorm, polsgolf of drukpols genoemd. Hierbij wordt voornamelijk gebruikt gemaakt van twee technieken: spectrale analyse en kunstmatige neurale netwerken. We onderzoeken de mogelijkheid om golfvorm-demping te detecteren zoals die veroorzaakt kan worden door inadequate meetinstrumenten. We onderzoeken de vervorming van perifere arteriële drukcurven door fysiologische oorzaken met het doel voor deze vervorming te corrigeren. Tenslotte onderzoeken we of de leeftijd van een persoon tot uitdrukking komt in zijn (v/m) arteriële drukpulsaties en in hoeverre deze leeftijd met een goed geoefend neuraal netwerk geschat kan worden.

Demping.

Catheter-manometer systemen worden routinematig ingezet om de arteriële druk bij patiënten te meten. Bij deze bloeddrukbewaking treedt instrumentele golfvormdemping op die zich vaak zeer geleidelijk, bijna onmerkbaar, in de tijd ontwikkelt. Dit beïnvloedt de vorm van de gemeten arteriële puls, en daarmee de bovendruk (systolische druk), en andere afgeleide parameters zoals het berekende slagvolume. De gemeten bloeddruk kan hierdoor fout, veelal te laag, zijn zonder waarschuwing. In hoofdstuk III.1 is geprobeerd om een vroegtijdig waarschuwingssignaal te genereren voor het ontstaan van instrumentele golfvorm-demping, voordat demping de bloeddruk zover vervormt dat het klinisch relevant en dus gevaarlijk wordt. Kunstmatige neurale netten van verschillende architecturen zijn ontwikkeld om deze afname in de dynamische prestatie van het catheter-manometer systeem vroegtijdig te detecteren. De neurale netten werden getraind door middel van het zogenaamde 'back propagation' algoritme. Wij gebruikten hiervoor verzamelingen van brachiale arteriële bloeddrukcurven verkregen bij patiënten met normale of met een licht verhoogde bloeddruk. Van elke patiënt waren 5 tot 10 pulsaties beschikbaar. Een digitale simulatie van een catheter-manometer systeem is gebruikt om in exact doseerbare en bekende grootte een golfvorm-demping aan te brengen, variërend van gering tot middelmatig. Elke slag in de golfvormen werd daarna gerepresenteerd door een elf-dimensionale parameter vector, die de verscheidene drukniveaus, tijdstippen van gebeurtenissen en snelheden van verandering van de golfvormen bevat. Het beste neurale net dat we ontwikkelde classificeerde 75% tot 85% van de individuele slagen correct hetzij als gedempt of ongedempt. Dit net classificeerde bovendien met een 'bij meerderheid van stemmen' algoritme waarbij alle golfpatronen van een patiënt betrokken worden, 16 van de 18 situaties bij de negen patiënten correct. Dat is statistisch significant veel beter dan een beslissing op basis van het opwerpen van een muntstuk ($P<0.001$). Nog belangrijker is de overweging dat deze neurale netten in staat blijken demping te detecteren nog voordat klinische relevante bloeddrukparameters zoals systolische druk en berekend slagvolume echt zijn aangetast. Neurale netten zijn blijkbaar zeer geschikt voor het detecteren van geringe demping van arteriële bloeddrukcurven voordat de golfvormen tot een klinisch relevant niveau zijn beïnvloed. Ons beste net doet dit betrouwbaar, continu en in real time. In hoofdstuk III.2 worden arteriële bloeddrukcurven die verkregen zijn tijdens lichamelijke inspanning met succes geklassificeerd als gedempt of ongedempt. Dit is belangrijk en lastiger omdat hierbij grote toenamen in bloeddruk en hartslag optreden. Lichamelijke inspanning wordt bij voorbeeld gebruikt in de revalidatie van hart patienten waarbij een adequate bewaking van ECG en bloeddruk nodig is. In hoofdstuk III.3 tenslotte worden de prestaties van menselijke experts en neurale netten in het detecteren van golfvorm-demping met elkaar vergeleken. Het blijkt dat neurale netten beter presteren dan menselijke experts. Menselijke experts blijken nauwelijks in staat zwak gedempte golfvormen te herkennen. Omdat geringe demping al een klinisch significante onderschatting van systolische drukniveaus en berekend slagvolume kan veroorzaken, is de menselijke expert daardoor meestal te laat. Wij vinden dit opmerkelijk omdat meestal de menselijk expert patronen veel beter herkent dan een machine of computer algoritme. En daarbij hebben we nog niet eens rekening gehouden met het feit dat het van een expert nauwelijks gevraagd kan worden om de geestdodende taak van het continu bewaken van een drukgolfvorm op het optreden van demping uit te voeren. We concluderen uit dit alles dat de ontwikkelde neurale netten klinisch toepasbaar zijn.

Fysiologische vervorming.

De bloeddruk aan de bovenarm gemeten, de brachiale arteriële druk, wordt gebruikt voor diagnoses in de Inwendige Geneeskunde en de Cardiologie. Finapres is recentelijk een geaccepteerde methode geworden om arteriële druk continu en onbloedig te meten. De gemeten bloeddrukniveaus en bloeddrukpulsaties aan de vinger gemeten verschillen echter van die in de brachiale slagader. Door middel van Fourier analyses hebben we deze verschillen tussen de brachiale en vinger polsgolf gemodelleerd (hoofdstuk IV). Bij 53 volwassen proefpersonen werd de brachiale arteriële druk bloedig gemeten en tegelijkertijd de vingerdruk onbloedig door middel van de Finapres. De gemiddelde druk werd afgetrokken van elke drukgolfvorm en Fourier analyses werden toegepast op de pulsaties. Een vervormingsmodel werd geschat voor elk proefpersoon en daarna werd een gemiddeld model berekend voor de groep. Vervolgens werd een model berekend dat exact de omgekeerde lineaire vervorming geeft. Dit inverse model werd toegepast op de volledige vingerdruk met het doel de vervorming te corrigeren. Het overgebleven drukniveauverschil werd gemodelleerd via multipele regressie analyse. Het blijkt dat golfvervorming beschreven kan worden door een algemeen, frequentie afhankelijk model met een resonantie bij

7.3 Hz. Het inverse model heeft een anti-resonantie bij deze frequentie. Het converteert vinger naar brachiale pulsaties waarbij de gemiddelde golfvervorming gereduceerd wordt van 9.7 (SD 3.2) mmHg per genomen monster op de vinger golfvorm naar 3.7 (1.7) mmHg voor de geconverteerde puls. Door toepassing van het inverse model wordt de normale drukonderschatting aan de vinger veranderd in een overschatting als volgt: de systolische niveauverschillen veranderen van -4 (SD 15) naar +8 (14) en de diastolische verschillen van -8 (11) naar +8 (12) mmHg. Het multipele regressie model reduceerde daarna zowel de gemiddelden als de standaard deviaties van de verschillen tot 0 (13) en 0 (8) mmHg. Diastolische verschillen blijken het sterkste verminderd. We zijn dus in staat om uit de vingerdruk brachiale golfvormen te reconstrueren die sterk lijken op de intra-brachiale bloeddruk. Daarbij wordt aan een klinische behoefte tegemoet gekomen.

Leeftijdsschatting.

De arteriële polsgolf vertoont karakteristieke veranderingen met het ouder worden. Geoefende waarnemers zijn dan ook in staat aan de hand van de polsgolf de leeftijdscategorie van een persoon in te schatten. In het verleden zijn er zelfs catalogi van gemiddelde polsgolven samengesteld per decade van tien jaar ouderdom waaruit de gemiddelde veroudering van de polsgolf duidelijk blijkt. We wilden onderzoeken of het inverse proces van leeftijdsschatting aan de hand van de polsgolf door een computer kon orden uitgevoerd. Verder wilden we dit doen op individuele basis. We trainden daartoe kunstmatige neurale netten met behulp van het back propagation algoritme om modellen voor het schatten van de leeftijd te ontwikkelen (hoofdstuk V.l). We gebruikten de drukgolfvormen van 65 proefpersonen in de leeftijd van 8 tot 83 jaar waarbij zowel gezonde personen als patiënten met hypertensie en cardiovasculaire aandoeningen werden geconcludeerd. Na de training werd het net getest met behulp van de golfvormen van 41 andere proefpersonen variërend in leeftijd van 9 tot 75 jaar met overigens een vergelijkbare verdeling van gezond of ziek, vrouw of man. Alle metingen zijn verricht onder laboratorium omstandigheden in liggende houding. De bloeddruk werd geregistreerd aan de dominante hand waarbij gebruik werd gemaakt van een Finapres model 4 of 5 van TNO. De beste resultaten werden verkregen als de eerste 0.5 seconden van de gedifferentieerde polsgolf werd aangeboden aan het neurale net. Verschillen tussen de geschatte en de werkelijke leeftijd van de proefpersonen in de test groep bedroegen gemiddeld -1 (SD 8) jaar. De correlatiecoëfficiënt tussen de geschatte en de werkelijke leeftijd bedroeg 0.92. Een groot verschil in leeftijd, bloeddruk en hartslag, hypertensie of vaatlijden en het gebruik van vaso-actieve medicatie lijken de nauwkeurigheid van de leeftijdsschatting niet te beïnvloeden. Sommige proefpersonen blijken voor hun leeftijd jonge golfvormen te hebben terwijl anderen juist oude golfvormen blijken te hebben. Deze verschillen lijken afwezig te zijn bij personen jonger dan 30 jaar. De golfvormen en de hoogte van de bloeddruk verschillende gedurende de dag en de nacht maar de leeftijd van de persoon blijft (vrijwel) gelijk. In hoofdstuk V.2, onderzoeken we de stabiliteit van de geschatte leeftijd gedurende de 24-uurs dag. De 24-uurs registratie van de bloeddruk met een Portapres Model 1 draagbare bloeddrukmeter van TNO vond plaats volgens een streng protocol met ondermeer vaste perioden van fietsergometrie, wandelen buiten het ziekenhuis, middagdut en slaap. We bleken niet in staat significante verschillen in geschatte leeftijden over enige periode gedurende de dag aan te tonen. Ook werd er geen significant verschil gevonden tussen geschatte en werkelijke leeftijd in deze nieuwe groep. Nog belangrijker was dat verschillen in geschatte leeftijd voor verschillende perioden van de dag per proefpersoon kleiner waren dan verschillen tussen proefpersonen. Dit is opmerkelijk omdat er aanzienlijke veranderingen optraden in bloeddruk voor dag en nacht en in hartslag en cardiac output voor rust- en inspanningsperioden. Hieruit blijkt dat neurale netten een leeftijd schatten die we arteriële leeftijd zouden willen noemen die nagenoeg onafhankelijk is van de toestand waarin de persoon verkeert. Deze arteriële leeftijd kan (gemiddeld) afwijken van de werkelijke leeftijd maar de afwijking is vrijwel constant gedurende de 24 uur die een dag telt.

Conclusie.

Neurale netten blijken in staat te zijn om subtiele veranderingen in de vorm van de arteriële drukgolf te detecteren en, indien goed geoefend, deze veranderingen te kunnen waarderen. Het detecteren van instrumentele demping heeft een duidelijke klinische toepassing. Het detecteren van de ouderdom van de menselijke arteriën heeft nog geen direkte klinische toepassing, maar nieuw onderzoek naar deze techniek is reeds aangevangen. Op dit moment is de aandacht van klinici vooral gericht op de nu gerealiseerde mogelijkheid om met Finapres continu de brachiale arteriedruk aan de vinger te registreren. Dit met behulp van inverse filtering van de golfvorm en na hoogte correctie.

ANALOGUE TRANSCONDUCTORS FOR SUB-MICRON CMOS TECHNOLOGY

C.H.J. Mensink
6 september 1996
Promotor: prof. dr. H. Wallinga

Dit proefschrift beschrijft analoge continue regelbare spanning (V) naar stroom (I) omzetters, ook wel transconductors genoemd. De eigenschappen van de hier beschreven transconductors zijn vrijwel ongevoelig voor de MOS transistor karakteristieken en zijn zodoende geschikt voor realisatie in een sub-micron CMOS technologie. Een belangrijk toepassingsgebied van de transconductors is analoge tijd-continue filters. Conventionele transconductors principes zijn gebaseerd op de spannings-stroom relaties van een MOS transistor. Zo kent de transistor een lineair en kwadratisch werkingsgebied waarmee lineaire V-I omzetting gerealiseerd kan worden. Tengevolge van tweede orde effecten zoals mobiliteitsreductie en snelheidsverzadiging ontstaat er een afwijking ten opzichte van de ideaal gewenste overdracht. Hierdoor neemt meestal het regelbereik van een transconductor af en neemt de vervorming van het uitgangssignaal toe. In sub-micron processen gaan deze tweede orde effecten een dominante rol spelen, ook wanneer niet de minimale kanaallengte gebruikt wordt. Aangezien de uitwerking van de tweede orde effecten sterk afhankelijk is van het werkingsgebied van de transistor en het fabricage-proces, is in dit proefschrift verondersteld dat de exacte overdrachtskarakteristieken van de MOS transistor niet bekend zijn. Er is dan ook naar gestreefd om:

- compensatie-technieken te gebruiken die over een groot werkingsgebied geldig zijn en daarnaast ongevoelig zijn van voor absolute procesvariaties
- de niet lineaire MOS transistor slechts klein-signaal te gebruiken
- gebruik te maken van lineaire componenten zoals weerstanden Het toepassen van deze strategieën resulteert in transconductors met een lage gevoeligheid voor de tweede orde effecten van de MOS transistor.

In hoofdstuk 3 zijn die werkingsgebieden van de MOS transistor geanalyseerd, die geschikt zijn voor gebruik in transconductors. Er zijn uitdrukkingen gegeven voor: transconductantie, vervorming en ruis, waarbij de meest relevante effecten zijn meegenomen. Vervolgens is er een 'Figure Of Merit' (FOM) gedefinieerd, dit is een maat voor het dynamisch bereik per eenheid van vermogen. De FOM is berekend voor de meeste V-I conversie principes en gesimuleerd in een 0.5 mm CMOS proces. Op basis van de gesimuleerde FOM zijn de principes met elkaar vergeleken. In hoofdstuk 4 is een circuit techniek geïntroduceerd waarbij het effect van de mobiliteitsreductie gecompenseerd dient te worden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een parallel-schakeling van twee gelijke transconductors waarbij één transconductor een staartspanningsbron heeft en de andere transconductor een staartstroombron. De MOS transistoren werken in het lineaire gebied. Door de onnauwkeurige modellering van de mobiliteits-reductie werkt de compensatie wel goed in simulatie maar minder goed in praktijk. Het opnemen van een staartimpedantie kan eveneens de vervorming reduceren, deze techniek leent zich goed voor het automatisch wegregelen van vervorming.Door de functies van V-I conversie en regeling van de effectieve transconductantie te ontkoppelen ontstaat de mogelijkheid een transconductor met vaste transconductantie te cascaderen met een regelbare stroomverzwakker. De laatst genoemde wordt beschreven in hoofdstuk 5. De stroomverzwakker combineert het klein-signaal gebruik van transistoren met een relatief lage ruis bijdrage. Hoofdstuk 5 eindigt met de beschrijving van een volledige transconductor die gebruikt zal worden in een filter dat beschreven is in hoofdstuk 7. Hoofdstuk 6 beschrijft een 'soft-switched' transconductor die gebaseerd is op weerstanden en daarnaast de MOS transistor slechts klein-signaal gebruikt. De trans-conductor bestaat uit een gedegenereerd verschilpaar waarbij de degeneratieweerstanden geleidelijk worden geschakeld. Door de verschillende drempelspanningen van de schakel-transistoren, die ontstaan door de topologie van de schakeling, wordt met één spanning alle schakel-transistoren in de juiste volgorde geschakeld. De degeneratieweerstanden en schakel-transistoren kunnen gecombineerd worden door één MOS transistor met hoog-ohmige source en drain gebieden. Deze structuur leent zich goed voor 'gain-control' toepassingen. Hoofdstuk 6 eindigt met de beschrijving

van een volledige transconductor die gebruikt zal worden in een filter dat eveneens beschreven is in hoofdstuk 7. In hoofdstuk 7 worden twee laagdoorlaat filters beschreven met een kantelfrequentie van 5.5 MHz. Eén filter is geïmplementeerd met de 'soft-switched' trans-conductor en het andere filter maakt gebruik van de stroomverzwakker.

Met name de transconductor beschreven in hoofdstuk 6 is zeer geschikt voor realisatie in sub-micron processen aangezien de eerste orde effecten van de MOS transistor slechts de tweede orde effecten van de transconductor zijn en de tweede orde effecten van de MOS transistor nauwelijks ter zake doen.

* * *

DYNAMIC SURFACE TENSION MEASURED WITH SINGLE NUCLEATION SITE ELECTRODES

A. Volanschi
27 september 1996
Promotoren: prof. dr. ir. P. Bergveld en dr. ir. W. Olthuis

Het doel van dit promotieproject was het ontwikkelen van chemische sensoren voor machinewasprocessen om de milieubelasting van zulke processen terug te dringen. De reden is dat sensoren essentiële componenten zijn van systemen voor on-line meting en besturing van dergelijke processen. Het bestuderen van andere aspecten van de procesbesturing was voor dit project niet aan de orde, hoewel er wel rekening mee is gehouden bij alle belangrijke keuzes tijdens de ontwikkeling van de sensoren. De hier beschreven sensor is bedoeld voor het meten van de dynamische oppervlakte-spanning. Het meten aan een huishoudelijk wasproces wordt besproken in hoofdstuk 2. Aan de hand van de beschrijving van de mechanismen die tijdens het wasproces optreden, is gekozen voor de on-line meting van de processen waar surfactants bij betrokken zijn. Het hoofdstuk wordt vervolgd met een overzicht van de mogelijkheden voor het meten van surfactants in waterige oplossingen. De dynamische oppervlaktespanning is gekozen voor verder onderzoek vanwege de eenduidige relatie tussen de grootte van de dynamische oppervlakte-spanning en de hoeveelheid surfactant. Het hoofd-stuk eindigt met het opperen van het idee om elektrolytisch bellen te genereren voor het meten van de dynamische oppervlaktespanning in waterige oplossingen. De ontwikkeling van deze meet-methode staat beschreven in het vervolg van dit proefschrift. De ontwikkeling van elektrodes die bellen genereren op maar één punt is beschreven in de hoofdstukken 3, 4, en 5. Het materiaal en de technologie voor het maken van deze elektrodes worden gekozen in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt de Micro Cavity Elektrode (MCE) geïntroduceerd en gekarakteriseerd. Hier wordt het nucleatiepunt gevormd door de elektrode de vorm van een omgekeerde piramide te geven. In hoofdstuk 5 wordt een ander soort elektrode beschreven, die gebruik maakt van kunstmatige Harvey nuclei. De elektrodes met kunstmatige Harvey nuclei worden Gas Phase Nucleation Core elektrodes genoemd.
Hoofdstuk 6 gaat over het ontsnappen van de gasbellen van het elektrodeoppervlak. Daarbij wordt achtereenvolgens aandacht geschonken aan het effect van de oppervlaktespanning, de surfactant adsorptie, elektrostatische wisselwerking en de temperatuur. De werking van de elektrodes met één nucleatiepunt als sensoren voor de dynamische oppervlaktespanning is gebaseerd op deze verschijnselen. Er wordt aangetoond dat het meetbereik in theorie ook uitgebreid kan worden tot boven de kritische micelconcentratie (CMC) door middel van een dynamische meting. De experimentele resultaten zijn in overeenstemming met de theorie. Hoofdstuk 7 behandelt de elektronische detectie van de vorming van gasbellen aan de elektrodes. Een schakeling is ontwikkeld voor het meten van de exacte vorm van de fluctuaties van de elektrode overpotentiaal en impedantie. Nadat was vastgesteld dat de belfrequentie bepaald kon worden met behulp van één van deze twee metingen is er een nieuwe schakeling ontwikkeld, speciaal voor het bepalen van de frequentie waarmee de bellen ontsnappen. Een aantal aanvullende experimentele resultaten wordt gegeven in hoofdstuk 8. De experimenten zijn nodig geweest voor het toepassen van de dynamische oppervlaktespanning sensor in een wasmachine. Een belangrijk resultaat is dat de gevoeligheid van de meting voor trillingen van de opstelling aanmerkelijk afneemt in stromende vloeistof. Er is ook een mogelijke verklaring gevonden voor de drift, gebaseerd op de lokale verwarming van de vloeistof. Mogelijke verbeteringen van de meetmethode worden besproken, onder andere het toepassen van terugkoppeling voor het besturen van de dynamische condities aan het beloppervlak. Algemene conclusies worden getrokken in hoofdstuk 9, gebaseerd op een vergelijking van de resultaten uit de vorige hoofdstukken. Voor de uiteindelijke toepassing zijn

de Gas Phase Nucleation Core elektrodes (GPNC) gekozen, samen met een computergestuurde interface en met het stromingssysteem. Het hoofdstuk eindigt met een aantal aanbevelingen voor verder onderzoek.

* * *

AUDIO AMPLIFIERS IN BCD TECHNOLOGY

M. Berkhout
4 oktober 1996
Promotor: prof. ir. A.J.M. van Tuijl

In dit proefschrift wordt het ontwerp van een 100W audio vermogens versterker gemaakt in een BCD technologie gepresenteerd. In een BCD technologie is een combinatie van Bipolaire, CMOS and DMOS transistoren beschikbaar. Er wordt geprobeerd om een ontwerp strategie te ontwikkelen die kan worden toegepast op BCD technologieën in het algemeen. Echter, omdat de ontwerpen die in dit proefschrift worden beschreven allen in één specifieke BCD technologie zijn gemaakt zijn vele ontwerp-beslissingen gebaseerd op deze technologie. De voornaamste elementen in het versterker ontwerp zijn een volledig geïntegreerde ladingspomp en een gemeenschappelijke source uitgangstrap. Het over-koepelende ontwerpdoel is het bereiken van een hoge open lusineariteit. Een aantal versterker klassen wordt gepresenteerd en onderling vergeleken met betrekking tot vermogens dissipatie. Een lijst met vereisten wordt gegeven waaraan een geïntegreerde audio versterker moet voldoen. Verder wordt de noodzaak uitgelegd van een spanning die hoger is dan de voedingsspanning teneinde de uitgang tot aan de voeding te kunnen uitsturen. De verscheidene aspecten van DMOS worden onderzocht. Na een korte inleiding in de rol van DMOS in de hedendaagse geïntegreerde circuit technologie wordt er een kwalitatief overzicht gegeven van de device fysica, de bekendste device structuren en de technologische aspecten van DMOS. Een vergelijking wordt gemaakt tussen DMOS en bipolaire transistoren.
Spanningsvermenigvuldigers zijn schakelingen die een spanning die hoger dan de voedingsspanning is kunnen opwekken zonder gebruik te maken van spoelen. Een aantal bekende spanningsvermenig-vuldigings technieken wordt gepresenteerd en vergeleken met betrekking tot hun geschiktheid voor integratie. Gebaseerd op deze vergelijking wordt één bepaalde spanningsvermenigvuldiger geselecteerd die ladingspomp wordt genoemd. Een techniek wordt gepresenteerd waarmee de spanningsrimpel op de uitgang van ladingspompen kan worden verminderd. Een aantal methoden voor het reguleren van de uitgangsspanning wordt beschouwd. Een volledig geïntegreerde ladingspomp wordt beschreven en besproken.

Een gedetailleerd model wordt gepresenteerd dat de werking van ladingspomp schakelingen beschrijft. Eerst wordt een kort overzicht gegeven van eerder gepubliceerde ladingspomp modellen. Vervolgens wordt de afleiding van een nieuw model beschreven dat gebaseerd is op analyse van de ladingsbalans tussen aangrenzende condensatoren in de ladings-pomp. Met dit model kan zowel het overgangs- en het stationaire gedrag van ladingspompen nauwkeurig worden beschreven. Het wordt aangetoond dat de invloed van een aantal parasieten eenvoudig kan worden toegevoegd aan het model. Een geïntegreerde 100 W audio vermogensversterker wordt ge-presenteerd die gemaakt is in een BCD technologie. Meerdere verschillende versterker topologieën worden besproken en vergeleken met betrekking tot hun geschiktheid voor integratie in een BCD technologie. Gebaseerd op deze vergelijking wordt één bepaalde versterker topologie geselecteerd en verder uitgewerkt. Een gedetailleerde beschrijving van het ontwerp van deze versterker wordt gepresenteerd waarin gebruik wordt gemaakt van een ladingspomp schakeling teneinde de uitgang tot aan de voeding te kunnen uitsturen. De belangrijkste bron van vervorming blijkt de grote ingangscapaciteit van de uitgangstransistoren te zijn. Het grootste deel van de ingangscapaciteit wordt gevormd door de drain-gate capaciteit. Deze capaciteit wordt substantieel groter wanneer de gate-drain spanning daalt als gevolg van een accumulatiefenomeen dat eigen is aan Verticale DMOS transistoren. Verder lijkt de waarde van de gate-drain capaciteit nog groter als gevolg van het Miller-effect.

* * *

MOSFET HOT-CARRIER DEGRADATION : FAILURE MECHANISMS AND MODELS FOR RELIABILITY CIRCUIT SIMULATION

M.M. Lunenborg
18 oktober 1996
Promotoren: prof. dr. J.F. Verweij en dr. ir. A.J. Mouthaan

De schadelijke effecten van energie-rijke (hete) ladingsdragers, welke worden veroorzaakt door de steeds verder voortschrijdende miniaturisatie en de steeds groter wordende interne elektrische velden in MOS veld-effect-transistoren (MOSFETs) kunnen leiden tot betrouwbaarheidsproblemen in een geïntegreerde schakeling (IC). De schade leidt tot permanente wijzigingen in het karakteristieke gedrag van MOS transistoren. Om op het niveau van de ontwerper inzicht te krijgen in de invloed van deze schade op het gedrag van een IC, wordt het steeds moeilijker te volstaan met de traditionele methode van levensduurbepaling van individuele MOSFETs als faalcriterium voor een IC. Betrouwbaarheidssimulatie kan in dit geval een uitkomst bieden, mits er modellen voorhanden zijn die de schade zelf en haar effecten op het transistor gedrag beschrijven. In dit proefschrift wordt ingegaan op het ontstaan van genoemde schade, de modellering hiervan en op de mogelijkheid tot simulatie van deze effecten. Allereerst wordt uitgegaan van een aantal in de literatuur beschreven circuit betrouwbaarheidssimulatoren. Deze situatie vormt het uitgangspunt voor het werk beschreven in dit proefschrift. De fenomenologische (empirische) aanpak van de degradatie modellering wordt besproken met als nader uitgewerkt voorbeeld de betrouwbaarheidssimulator PRESS. Hieruit wordt duidelijk dat de zuiver empirische aanpak een te beperkte methode is om de effecten van schade adequaat te modelleren. Hoewel de degradatie van een aantal transistor parameters redelijk beschreven kan worden (b, V_t), zijn de modellen slechts beperkt geldig voor wat betreft de instelcondities (veelal de conditie van maximale substraatstroom) en blijken zij niet op te gaan voor de beschrijving van andere effecten (bv. mobiliteitsreductie). Om nader achter de werkelijke oorzaken van degradatie te komen, zijn een aantal meettechnieken onontbeerlijk. De standaard stroom-spannings (I-V) techniek, de ladingspomp (CP) techniek en de zogenaamde 'gated-diode' techniek de belangrijkste gebleken voor dit onderzoek. Gecombineerd kunnen zij een zeer goed inzicht geven in de schade die zich tijdens de belasting in transistoren opbouwt. Tevens is de licht-emissie techniek nader beschouwd. Deze techniek bestaat uit het bestuderen van de door hete ladingsdragers uitgezonden fotonen. Hierbij is het mogelijk de gemeten lichtintensiteit tegen de foton-energie uit te zetten, hetgeen een afspiegeling is van de energie verdeling van de hete ladingsdragers (elektronen). Dit maakt het mogelijk de diverse soorten schade te relateren aan bepaalde energieklassen van hete ladingsdragers. Het is gebleken dat de licht-emissie methode buiten de genoemde toepassing geen specifieke voordelen biedt ter bepaling van de ontstane schade ten opzichte van de drie eerder genoemde meettechnieken. De door hete ladings-dragers veroorzaakte schade in zowel standaard drain als ook LDD drain structuren is nader bestudeerd. Met name het belangrijkste degradatie mechanisme in NMOSFETs, de generatie van oppervlakte-toestanden (N_{it}) en de modellering hiervan, krijgen de aandacht. Indien men de tijd normaliseert op de levensduur van de betreffende transistor, wordt een logaritmische tijdsafhankelijkheid van oppervlakte-toestanden generatie gevonden. Dit geldt onder alle drain-avalanche condities en bij metingen uit verschillende CMOS technologieën afkomstig uit verschillende fabrieken. Een theoretisch model dat deze logaritmische ontwikkeling verklaart, wordt afgeleid. Bovendien wordt het verschil in degradatie tussen standaard drain en LDD structuren verklaard door de additionele serie weerstand tengevolge van oppervlakte-toestanden in de LDD bij de plek waar de gate-rand de LDD overlapt. Vergelijkingen worden afgeleid die de verschuivingen voorspellen in transistor parameters met gebruikmaking van slechts een minimum aantal (3) technologie parameters. Voor deze relaties is gebruik gemaakt van het publiekelijk toegankelijke MOS model 9, maar de verschuiving gelden ook voor het Philips-eigen MOS model 7. De zeer beperkte hoeveelheid technologie parameters maakt het mogelijk -naast een eenvoudige implementatie in een circuit simulator- de hete ladingsdrager testtijd in een produktieomgeving aanzienlijk te verkorten.

Het hiervoor besproken schade-model en de vergelijkingen afgeleid voor parameter verschuivingen worden gebruikt in een aangepast versie van de circuit betrouwbaarheidssimulator PRESS. Naast deze modellen, speelt de nauwkeurige voorspelling van de substraatstroom een zeer belangrijke rol. De onnauwkeurigheid van standaard substraatstroom modellen wordt aan de orde gesteld en een beter alternatief wordt behandeld. Tevens worden additioneel uitgevoerde device simulaties aan LDD MOSFETs besproken, welke een beter inzicht kunnen geven in de degradatie van de substraatstroom. Verder wordt aangetoond dat de correlatie tussen substraat- en gatestroom in PMOSFETs gebruikt kan worden voor betrouwbaarheidssimulatie van hete ladings-drager schade in dit type transistoren. Simulatieresultaten met de geïmplementeerde modellen in PRESS geven aan dat voor de belangrijkste schade (oppervlakte-toestanden) de gevonden modellen goed te gebruiken

zijn. De consequenties van AC belasting voor de geldigheid van de in dit werk gepresenteerde DC modellen blijken in het onderzochte frequentiegebied niet van groot belang te zijn, zodat een quasi-statische benadering van de schademechanismen gerechtvaardigd is. Tenslotte wordt middels enkele experimenten aangetoond dat het mogelijk is met PRESS ook degradatie van een klein circuit te voorspellen.

* * *

MAGNETO-OPTICAL RECORDING MEDIA CoNi/Pt AND Co/Pt MULTILAYERS

Q. Meng
31 oktober 1996
Promotoren: prof. dr. T.J.A. Popma en dr. J.C. Lodder

De belangrijkste onderwerpen van dit proefschrift zijn de depositie van CoNi/Pt en Co/Pt multilagen en de karakterisatie van hun structuur en magnetische eigenschappen. Deze multilagen, die worden geproduceerd met behulp van sputterdepositie in een Ar atmosfeer, zijn veelbelovende kandidaten voor magneto-optische (MO) data-opslag. De magnetische eigenschappen van Co(Ni)/Pt multilagen blijken sterk afhankelijk te zijn van de dikte van de individuele lagen en de microstructuur van de multilaag als geheel. Het eerste gedeelte van dit proefschrift behandelt de oorsprong van de loodrechte magnetische anisotropie (LMA) in Co(Ni)/Pt multilagen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen interface- en volume-anisotropie. De toename in de LMA bij afnemende Co(Ni) laagdikte wordt hoofzakelijk toegeschreven aan de interface-anisotropie, die op haar beurt bestaat uit een anisotropie van het Néel-type en een anisotropie veroorzaakt door de mechanische spanning. De LMA van Co(Ni)/Pt multilagen is niet alleen afhankelijk van de Co(Ni), maar ook van de Pt laagdikte. Een toename in de Pt laagdikte veroorzaakt een daling van de Curie temperatuur en daardoor een afname in de LMA. Deze afname in de Curie-temperatuur wordt veroorzaakt door zowel een gereduceerde magnetische koppeling tussen de Co(Ni) lagen als interdiffusie op de interfaces. Voor zeer dunne lagen geldt echter dat de LMA afneemt bij afnemen Co(Ni) of Pt laagdikte. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door een toenemende ruwheid van de interfaces. Naast de interface anisotropie, draagt de magneto-elastische anisotropie ook positief bij aan de volume-anisotropie. Met behulp van XRD metingen werd de relatie tussen de Co(Ni) laagdikte en de gemiddelde relatieve rek (*strain*), en de daaruit voortvloeiende drukspanning, bepaald. De Co(Ni)/Pt multilagen worden gegroeid op een Pt onderlaag. Bij een toenemende dikte van deze Pt onderlaag nemen zowel de fcc-<111> textuur in de groeirichting als de LMA toe. Dit kan in principe worden verklaard uit de relatie tussen de textuur en de magneto-kristalleine en magneto-elastische anisotropie in polykristalleine films. De LMA neemt af met een toename van het aantal individuele lagen in de multilaag. Dit zou kunnen worden veroorzaakt door de minder goede definitie van de interfaces. Dit effect zouden ook de afname van de LMA kunnen verklaren in films die bij hoge temperatuur zijn gedeponeerd of naderhand bij hoge temperatuur zijn getemperd. Bij toenemende Ar sputterdruk neemt de LMA eveneens toe. Dit kan worden verklaard door een toename van de mechanische spanning, die een toename van de interface-anisotropie tot gevolg heeft. De Néel interface anisotropie en de volumebijdrage van de magneto-elastische anisotropie nemen echter af.

In het tweede gedeelte van dit proefschrift worden, met behulp van metingen van de magnetische hystereselus en het domeinpatroon, de mechanismen van coerciviteit en magnetisch omkeergedrag bestudeerd. We onderscheiden twee mechanismen:

- In films met een lage dichtheid van centra voor domein-nucleatie en met voornamelijk zachte domeinwand-*pinning*, wordt het omgekeergedrag gedomineerd door domeinwand-beweging. Deze films worden gekenmerkt door een lage coerciviteit, een scherp gedefinieerd nucleatie-veld en een snel omkeergedrag.
- In films met een hoge dichtheid van centra voor domein-nucleatie en met voornamelijk harde domeinwand-*pinning*, wordt het omgekeergedrag gedomineerd door domein-nucleatie. Deze films worden gekenmerkt door een hoge coerciviteit, een brede verdeling van nucleatie-velden en een geleidelijk omkeergedrag.

Het eerste type van magnetisch omkeergedrag werd aangetroffen in multilagen die bij lage Ar sputterdruk waren geprepareerd, het tweede type in multilagen die bij hoge Ar sputterdruk waren geprepareerd en in getemperde films. Deze twee kenmerkende filmtypes onderscheiden zich ook in hun microstructuur. In het eerste type multilagen zijn de individuele lagen glad en de interfaces scherp, hetgeen de lage dichtheid aan domein-nucleatie centra en de zachte domeinwand-*pinning* verklaard. In het tweede type multilagen zijn de interfaces ruw en de kristallen in de laag van elkaar

gescheiden door segregatie en lege ruimten, waardoor er veel domein-nucleatie centra zijn en de domeinwand-*pinning* hard is. Het effect van een variatie in de Ar sputterdruk op de microstructuur wordt veroorzaakt door een het bombardement van zowel de geneutraliseerde Ar atomen als de gesputterde Co(Ni) en Pt atomen. In verband met het doel van dit onderzoek zijn thermo-magnetische schrijfexperimenten uitgevoerd, waarbij de eigenschappen van de geschreven *bits* zijn onderzocht en is bepaald hoe een gladde *bit*contour kan worden bereikt. De CoNi/Pt multilagen waren, vanwege hun lagere Curie-temperatuur, eenvoudiger te gebruiken voor thermo-magnetische schrijfexperimenten dan de Co/Pt multilagen. *Bits* die zijn geschreven in films gesputterd bij lage Ar druk hebben een gladdere contour dan *bits* die zijn geschreven in films die bij hoge sputterdruk zijn geprepareerd. In die films hebben de *bits* veel subdomeinen door de slechte microstructuur en hun, door domein-nucleatie gedomineerde, magnetische omkeermechanisme. Deze subdomeinen veroorzaken de minder gladde *bit*contour en ruis tijdens het leesproces, hetgeen natuurlijk niet wenselijk is voor MO data opslag. In getemperde multilagen neemt de coerciviteit en de Kerr-rotatie toe. Dit gaat gepaard met veranderingen in de microstructuur, zoals interdiffusie, segregatie en alloy-vorming. Voor een beter begrip van de MO-Kerr spectra zijn computersimulatie modellen ontwikkeld. Met behulp van deze modellen is afgeleid dat in Co(Ni)/Pt multilagen de bovenste 50 nm bijdraagt aan de Kerr-rotatie. Het effect van verschillende substraat-materialen op het Kerr spectrum wordt bevestigd door deze berekeningen, evenals de polarisatie van Pt in Co/Pt multilagen.

* * *

ANALYSIS OF ANALOG C-MOS CIRCUITS

R.F. Wassenaar
31 oktober 1996
Promotoren: prof. dr. ir. J.H. Huijsing en prof. ir. A.J.M. van Tuijl

In dit proefschrift wordt de werking van de belangrijkste analoge basis schakelingen in C-MOS geanalyseerd. In hoofdstuk 1 wordt de modelering van de MOS transistor beschreven. De strong-, moderate- en weak inversion werkingsgebieden alsmede de verzadigings- en niet verzadigingsmode worden behandeld. Een grafisch model voor de transistor, werkende in stronginversion, wordt geïntroduceerd. Verder worden sommige afwijkingen van het ideale gedrag zoals het body-effect, de mobiliteitsreductie en het kanaal- verkortingseffect besproken. Hoofdstuk 2 gaat over het kleinsignaalgedrag van de transistor. De steilheid van de transistor als functie van de instelstroom wordt beschouwd. Een complexe stroomversterkingsfacor wordt geïntroduceerd. In hoofdstuk 3 worden stroombronschakelingen en transistor- combinaties beschouwd. Er wordt aangetoond dat combinaties van twee of meer parallel of in serie geplaatste transistoren kunnen worden opgevat als één transistor met een nieuwe K-factor en drempel spanningswaarde. Er wordt uitgelegd dat een combinatie van een N-MOS en een P-MOS transistor, die beide in verzadiging werken, ook als één transistor opgevat mag worden (C-MOS pair genoemd). Hoofdstuk 4 legt het principe van een stroomspiegel uit. De nauwkeurigheid in de stroomoverdracht, de kleinsignaaloverdracht, alsmede de frequentie afhankelijkheid zijn de onderwerpen die aan de orde komen. Een aantal andere, meer gecompliceerde stroomspiegels worden besproken. De eigenschappen van de meest gebruikte stroomspiegels worden beschouwd en onderling vergeleken; het begrip reactieve harmonische vervorming wordt geïntroduceerd. Tenslotte worden een paar eenvoudige toepassingen van stroomspiegels getoond. In hoofdstuk 5 wordt de werking van een verschilversterker beschreven. Het grootsignaalgedrag alsmede de temperatuursafhankelijkheid en de offset worden in detail besproken. Er wordt een grafische constructie gegeven voor het bepalen van de relatie tussen verschil-ingangsspanning en verschil-uitgangstroom. Verder wordt het gebruik van het verschilpaar als stroomsplitser getoond. Tot slot wordt aandacht geschonken aan verschilversterkers opgebouwd uit C-MOS pairs.

In hoofdstuk 6 worden ingangstrappen met een rail-to-rail common-mode ingangsbereik beschreven. Deze ingangstrappen zijn samengesteld uit een N- en een P-type verschilpaar en worden parallel aangestuurd. Ze worden op zo'n manier ingesteld dat de resulterende steilheid constant is. Er worden voorbeelden gegeven van rail-to-rail ingangstrappen met transistoren die in stronginversion en die in weak- inversion werken. Lineaire spanning-stroomomzetters worden besproken in hoofdstuk 7. Voorwaarden, die vervuld moeten worden om een lineaire spanning-stroomomzetting te verkrijgen, worden afgeleid, uitgaande van transistoren met een perfecte kwadratische spanning-stroom relatie.

Verscheidene, meer algemene linearisatie technieken worden gepresenteerd waaronder omzetters met transistoren die in het triode gebied werken. Hoofdstuk 8 gaat over operationele transconductantie versterkers. Verschillende principes voor het vergroten van de maximale uitgangszwaai en het vergroten van de maximale beschikbare uitgangsstroom worden besproken. Aandacht wordt gegeven aan common-mode terugkoppeling. In hoofdstuk 9 krijgt spanningsversterking de aandacht. De spanningsversterking van een eenvoudige spanningsversterkertrap en een gecascodeerde spanningsversterkertrap worden beschreven als functie van de belastingsweerstand. Voorts is de frequentie afhankelijkheid van de spanningsversterking van de normale, de gecascodeerde en de gevouwen cascode verschiltrap uitvoerig ge-analyseerd. In hoofdstuk 10 is de analyse van uitgangstrappen het onderwerp. Het behandelt de source-volger en de gemeenschappelijke source trap. De groot- en kleinsignaal spanningsoverdracht alsmede ingangs- en uitgangsweerstand worden beschouwd. Vervorming en begrenzingen in uitgangsspanningszwaai worden besproken. Hoofdstuk 11 bespreekt frequentiecompensatie technieken, nodig om teruggekoppelde operationele versterkers stabiel te houden. De pool- splitsing bij een tweetrapsversterker met een compensatie-capaciteit met spanningsbuffer, een stroombuffer of een nullingsweerstand wordt uitgelegd. Verder wordt aandacht geschonken aan het slewing-effect van de uitgangsspanning van een op-amp. Tot slot wordt de invloed van de staartstroom van de verschiltrap op de slew-rate besproken.

* * *

AUTOMATED SUPPORT IN MECHATRONIC SYSTEMS MODELING

A.P.J. Breunese
6 december 1996
Promotoren: prof. dr. ir. J. van Amerongen en dr. ir. P.C. Breedveld

Dit proefschrift gaat in op de rol die de computer kan spelen bij de modelvorming van het dynamisch gedrag van mechatronische systemen. De nadruk ligt hierbij op het gebruik van een bibliotheek van herbruikbare modellen van fysische systemen in verschillende domeinen. Een dergelijke bibliotheek ondersteunt diverse aspecten van het modelvormingsproces: Ten eerste vertegenwoordigt een bibliotheek een hoeveelheid kennis die ingezet kan worden om het analyseren en ontwerpen van mechatronische systemen te vereenvoudigen en te versnellen. Door zowel complete modellen als fragmenten van modellen op te slaan is er in veel gevallen bruikbaar materiaal voorhanden. In de tweede plaats heeft een modellenbibliotheek een functie op het gebied van kwaliteitsbewaking. Door voorwaarden te stellen aan de modellen die worden opgenomen in de bibliotheek kan een hoger niveau van betrouwbaarheid van de modellen worden bereikt. De bibliotheek kan hier ondersteuning bieden met geautomatiseerde hulpmiddelen die deze voorwaarden afdwingen. Als de informatie in de bibliotheek voldoende fijnmazig is opgeslagen, kunnen deze hulpmiddelen automatisch de relevante kenmerken opvragen en deze gebruiken om tot acceptatie te besluiten. Als de bibliotheek uitsluitend grondig geverifieerde modellen bevat, kunnen sterkere conclusies worden getrokken op basis van deze modellen Een derde rol van de bibliotheek is die van coördinatie. Diverse soorten modellen worden gebruikt in ontwerp en analyse. Deze modellen kunnen verschillen in inhoud, omdat ze verschillende aspecten van een systeem beschrijven, of in representatie, of in opmaak, omdat ze met verschillende software zijn gemaakt. De diversiteit van deze informatie staat de effectieve uitwisseling ervan vaak in de weg. Een bibliotheek die software- en toepassingsonafhankelijk is kan de uitwisseling coördineren door de aangeboden informatie te filteren en te converteren Een andere functie die door de bibliotheek, in combinatie met andere software, kan worden vervuld is het vastleggen van ontwerp-activiteiten. De informatie die vergaard wordt kan worden gebruikt voor diagnose, en voor het verbeteren van modelvormings- en ontwerpprocessen.

In dit proefschrift wordt allereerst stilgestaan bij de aard van de modellen die moeten worden opgeslagen. Aan de hand van een structuur voor de modellen wordt een structuur voor de bibliotheek ontworpen. Deze structuur is onafhankelijk van software-pakketten en toepassingen om tot een algemeen bruikbare bibliotheek te komen. Bij het ontwerp van de structuur van de bibliotheek wordt niet alleen aandacht besteed aan de opslag van de modellen, maar ook aan de ontsluiting van de inhoud van de bibliotheek langs diverse routes die relevant zijn in het modelormingsproces. De volgende stap is het construeren van een taal waarin de modellen in meer detail kunnen worden vastgelegd. Deze taal vormt de basis voor de uitwisselbaarheid van de modellen tussen diverse gebruikers van de bibliotheek. Bovendien biedt de taal

mogelijkheden om be-perkingen aan het gebruik van de modellen expliciet op te geven, bijvoorbeeld met restricties op numerieke waarden van variabelen en parameters, met domein-informatie, of met aanvullende informatie voor alle entiteiten in een model. Deze informatie kan worden gebruikt bij de selectie en verificatie van modellen. Behalve deze basis-ingrediënten behandelt die proefschrift ook twee toepassingen die samen met de bibliotheek gebruikt kunnen worden. De eerste is een gedetailleerde analyse van de correctheid en relevantie van modellen die als vergelijkingen zijn gespecificeerd. Op basis van een netwerk-representatie kunnen veel voorkomende fouten in modellen worden gedetecteerd. Verder kan deze toepassing causaliteits-restricties afleiden. Deze kunnen gebruikt worden als het submodel in een groter netwerk wordt gebruikt. Deze toepassing zal worden gebruikt tijdens modelvorming, en voorafgaand aan acceptatie van nieuwe modellen. De tweede toepassing versnelt het gebruik van 'geprefabriceerde', hiërarchische bondgraaf modellen, door een techniek om causaliteit toe te kennen aan hiërarchische modellen zonder af te dalen in de lagere niveau's van een model. Dit wordt bereikt door het afleiden van causale voorkeuren van bondgraaf-fragmenten. Het resultaat kan worden opgeslagen in de bibliotheek. Een significant (snelheids)voordeel kan worden behaald door hergebruik van deze resultaten. Deze techniek maakt het mogelijk om causaliteitstoekenning te gebruiken als een interactief instrument in de modelvorming. Een aanzienlijk deel van de voorgestelde technieken en hulpmiddelen is als prototype gerealiseerd. De bibliotheek en de beschrijvingstaal zijn gedeeltelijk geïmplementeerd. De ervaring leert dat inderdaad een positieve bijdrage is geleverd ten opzichte van eerdere modelvormings-gereedschappen. De beschreven toepassingen zijn los van de bibliotheek geïmplementeerd. Beide prototypes tonen aan dat de technieken werken en nuttig zijn in een modelvormings-omgeving.

* * *

THE MICROFLOWN

H.E. de Bree
7 februari 1997
Promotor: prof. dr. M.C. Elwenspoek

In dit proefschrift wordt de microflown, een nieuw soort akoestische sensor beschreven. Deze micromechanische sensor is in staat om de particle velocity (akoestische deeltjessnelheid) direct te meten. Als zowel de akoestische drukvariaties alsmede de particle velocity bekend is, is een akoestisch fenomeen in het algemeen volledig te beschrijven. De microflown is een microfoon die bestaat uit twee temperatuursensoren en een verwarmingselement. De particle velocity verandert de warmteverdeling en dus ook de temperatuur van beide sensoren. Het temperatuurverschil tussen beide sensoren is evenredig met de aangelegde particle velocity.

Om inzicht te krijgen in de microflown worden er verschillende onderwerpen behandeld. Deze onderwerpen worden behandeld in zes hoofdstukken. Hoofdstuk een is een algemene inleiding waarin ook andere akoestische micro-mechanische sensoren beschreven worden. In hoofdstuk twee wordt een introductie in de akoestiek gegeven om ondermeer inzicht te krijgen in de relatie tussen akoestische drukvariaties en particle velocity. Verder worden er verschillende methoden aangereikt om de microflown te kalibreren. De microflown bestaat uit twee ohmse temperatuursensoren. Als de temperatuur verandert, verandert ook de weerstandwaarde. De verschilwaarde in weerstand van de beide sensoren dient gemeten te worden. In hoofdstuk drie worden electrische schakelingen behandeld die de ohmse verschil waarde omzetten in een stroom of spanning. Signaal ruis verhouding en lineariteit zijn belangrijke begrippen in dit hoofdstuk. In hoofdstuk vier wordt een model voor het akoestische gedrag van de microflown gepresenteerd. Verder wordt er een serie metingen gegeven welke volledig de akoestische eigenschappen van de microflown beschrijft. Deze metingen resulteren in twee kwaliteits-kentallen: de performance (de prestatie) en de kantel frequentie. Hoofdstuk vijf behandelt de realisatie van de microflown. Vier methoden om haar te maken worden gepresenteerd. Hoofdstuk zes richt zich op de applicaties met gebruikmaking van de microflown. De geluid intensiteit opnemer is op dit moment een van de belangrijkste applicaties.

* * *

THE CHARACTERISATION OF DARK CURRENT GENERATION CENTERS IN CCD FRAME TRANSFER IMAGE SENSORS

W.J. Toren
14 februari 1997
Promotor: prof. dr. H. Wallinga

CCD beeldsensoren zijn de ogen van de hedendaagse

video camera's en van de digitale fotocamera's van morgen. De functie van de beeldsensoren is het licht dat door de lens van de scene afkomt om te zetten in een elektrisch signaal. Hierna kan de camera-elektronica het signaal verder bewerken en geschikt maken voor weergave op een monitor, of opslag op een floppydisc. Een CCD zet dus licht om in een elektrisch signaal, hoe meer licht er op de sensor valt hoe hoger het signaal aan de uitgang van de sensor. Bij een van licht afgeschermde sensor zou men aan de uitgang van de sensor een nul signaal verwachten. Dit is echter niet zo. Er is een ander fysisch verschijnsel dat aan de uitgang van de sensor gelijk wordt gezien aan licht dat op de sensor is gevallen. Doordat dit ook plaats vindt in het donker wordt dit donkerstroom genoemd. Donkerstroom is een ongewenst signaal, wat de kwaliteit van de sensor verlaagd. Naar de fysische verklaring van de donkerstroom wordt in dit proefschrift gezocht. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen twee donkerstroom generatoren. De eerste generatortype komt tot stand door het niet precies op elkaar aansluiten van twee lagen verschillend materiaal in de sensor. De sensor is gemaakt in silicium, maar om de electrische signalen op de juiste manier te kunnen bewaren en uit te kunnen lezen, zijn er stuurelektrodes nodig. Deze worden, elektrisch gescheiden van het silicium, op een niet-geleidende laag gelegd. Deze niet geleidende laag en het silicium passen niet goed op elkaar Het interface tussen deze twee lagen geeft roosterfouten die donkerstroom genereren. Deze donkerstroom wordt daarom interface-donkerstroom genoemd. Een tweede soort donkerstroom is metaalverontreiniging die in de bulk van het silicium zit. Deze donkerstroom wordt daarom bulk donkerstroom genoemd. Interface-donkerstroom en bulk-donkerstroom worden op geheel verschillende manieren op een monitor waargenomen. Interface-donkerstroom (foto 2 van de voorkant van het proefschrift) komt in alle beeldelementen (pixels) van de sensor voor, zei het met verschillende intensiteiten. Dit levert een vaste patroon ruis op, die de indruk geeft dat men door een vieze glasplaat naar de monitor kijkt. Bulk donkerstroom wordt alleen waargenomen in een aantal pixels. Deze stroom is intenser den de interface donkerstroom, en wordt daarom gezien als witte stipjes in het beeld (foto 3 van de voorkant van het proefschrift). Bij slecht verlichte scenes geeft de uitgang van de sensor een signaal dat informatie bevat van de scene, maar ook een deel donkerstroom, dat de zelfde orde van grootte heeft. De kwaliteit van het beeld is dus slecht omdat naast het gewenste beeld ook de donkerstroom effecter zichtbaar zijn. Om de kwaliteit van het sensorsignaal te verhogen is onderzoek gedaan naar deze verschijnselen en is geprobeerd aan te "even hoe deze ruisbronnen verminderd kunnen worden. De opbouw van dit proefschrift laat ook duidelijk een twee splitsing zien in de twee donkerstroom effecten. Na de inleiding worden er eerst twee hoofdstukken besteed aan de interface-donkerstroom. Nadat duidelijk is wat dit voor een fenomeen is, en waar in de sensor de meeste interface donkerstroom gegenereerd wordt, wordt er vanaf hoofdstuk 4 verder ingegaan op bulk-donkerstroom. Hierbij is antwoord gezocht op twee vragen: wat veroorzaakt deze extra donkerstroom, en hoe kan deze worden verwijderd.

* * *

TRANSCONDUCTANCE BASED CMOS CIRCUITS

E.A.M. Klumperink
7 maart 1997
Promotoren: prof. ir. A.J.M. van Tuijl en prof. dr. H. Wallinga

Veel transistor basiscircuits hebben een overdracht die in hoofdzaak bepaald wordt door de transconductantie van transistoren (bv. transconductors en versterkertrappen). Zulke *"Transconductance Based Circuits"* zijn het onderwerp van dit proefschrift. Deze schakelingen kunnen een elektronisch regelbare overdracht hebben, zoals nodig in zelf-corrigerende of programmeerbare systemen, doordat de transconductantie van een transistor te variëren is via het instelpunt. Bovendien gaat het om eenvoudige schakelingen met vaak goede hoogfrequent-eigenschappen. Dit proefschrift richt zich op het generaliseren en systematiseren van het ontwerpproces. De achterliggende gedachte is dat veel transistor-circuits te zien zijn als verschillende uitvoeringsvormen van een zeer beperkt aantal principes. De belangrijkste onderwerpen die aan bod komen zijn de *systematische generatie van circuit topologieën*, en de *classificatie en analyse* van de resulterende circuits. Hoewel het proefschrift zich richt op MOST circuits, zijn vele resultaten ook bruikbaar voor andere implementaties (bv. bipolaire transistoren). Om tot generalisatie te komen, wordt een MOS transistor of transistorpaar gemodelleerd als een spanningsgestuurde stroombron (VCCS (Voltage Controlled Current Source)). Daarbij wordt de grootsignaal $I_D(V_{GS})$ karakteristiek, afhankelijk van het werkingsgebied van de MOST, in eerste orde benadering gemodelleerd als een lineaire (LVCCS), kwadratische

(SVCCS) of exponentiële (EVCCS) functie. Zonodig worden daaraan tweede-orde effecten toegevoegd. Na een motivatie en historisch overzicht in hoofdstuk 1, worden in hoofdstuk 2 de eisen onderzocht die gesteld kunnen worden aan lineaire transactors (tweepoorten met een overdrachtsfunctie ongelijk aan nul). Dit wordt gedaan vanuit vier gezichtpunten: de aanpassing van een transactor aan de signaalbron en belasting, de gewenste overdrachtsfunctie, de geschiktheid voor zelfcorrigerende en programmeerbare systemen en de compatibiliteit met spannings- en stroomsignalen. Het blijkt dat de negen transactors met poortimpedanties die ofwel zeer laag, zeer hoog of lineair en nauwkeurig zijn, bij uitstek geschikt zijn. De transmissie tweepoort parameters van deze transactors dienen ofwel nauwkeurig ofwel elektronisch varieerbaar te zijn.

Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de mogelijkheden onderzocht om de gewenste transactors met VCCSen te implementeren. Daarvoor blijken minimaal twee VCCSen nodig te zijn om naast V-I en I-V overdrachten ook V-V en I-I overdrachten mogelijk te maken. Met behulp van lineaire grafen worden dan alle topologieën van transactors met twee VCCSen gegenereerd. Vervolgens worden deze met een computerprogramma geanalyseerd qua transmissie parameters, hetgeen leidt tot 145 grafen van transactors met een overdracht ongelijk aan nul (Appendix A). Het blijkt dat de negen bij uitstek bruikbare typen transactors ofwel direct geïmplementeerd kunnen worden, ofwel benaderd kunnen worden door grote transconductantiewaarden te kiezen. Hun transmissie parameters zijn een functie van de twee transconductanties van de VCCSen.
In hoofdstuk 4 wordt beschreven hoe iedere VCCS in principe op meerdere manieren geïmplementeerd kan worden. Daardoor kunnen vele honderden verschillende transistor topologieën afgeleid worden uit de 145 grafen. De eenvoudigst mogelijke implementatie hangt af van de aanwezigheid van gemeenschappelijk knooppunten voor de spannings- en stroom-tak van een VCCS in een graaf, en de takoriëntatie, en is ofwel een weerstand, een MOST of een MOST-paar. Vanuit een gespecificeerd tweepoort gedrag kunnen nu systematisch circuit topologieën gegenereerd worden. Als voorbeeld worden versterkertrappen gesynthetiseerd voor een MF-AGC-versterkertrap t.b.v. een TV-ontvanger. Alternatieve ontwerpen blijken grote verschillen in gedrag te vertonen. Hoewel er vele verschillende circuits mogelijk zijn, is het aantal verschillende transmissie parameter uitdrukkingen beperkt. In hoofdstuk 5 wordt aangetoond dat dit komt doordat er slechts een beperkt aantal mogelijkheden is om twee VCCSen te gebruiken, waarbij twee mathematische relaties tussen de spanningen en stromen van de VCCSen een cruciale rol spelen. Onder de aanname dat alleen Kirchhoff relaties mogelijk zijn (transactors enkel bestaand uit twee VCCSen en verbindingen), worden alle mogelijkheden in kaart gebracht. Sommige van de circuits met twee VCCSen kunnen beschouwd worden als twee onafhankelijke circuits met ieder één VCCS ("1VCCS circuits"). In andere gevallen is dat niet mogelijk ("2VCCS circuits"). De 1VCCS circuits kunnen in 2 klassen worden ingedeeld. De 2VCCS circuits kunnen onderverdeeld worden in 3 hoofdklassen en 14 subklassen, gebaseerd op verschillende sets van twee oplegbare Kirchhoff relaties. De *classificatie* is nuttig voor circuit synthese en analyse, omdat ze een *overzicht* geeft van alle *wezenlijk verschillende mogelijkheden* om twee VCCSen te gebruiken. Bovendien maakt ze het mogelijk om in *één analyse* een *complete klasse* van circuits te analyseren. De analyse van klassen van circuits wordt in de hoofdstukken 6 t/m 8 uitgevoerd voor gedragsaspekten die via een VCCS-model beschreven kunnen worden. Dit resulteert in hiërarchische macro-modellen voor 2VCCS circuits. Het kleinsignaalgedrag wordt per hoofdklasse uitgedrukt in VCCS-transconductantie waarden, met behulp van een set van symbolische vergelijkingen. Verder worden per subklasse grootsignaalvergelijkingen afgeleid voor de LVCCS, SVCCS en EVCCS modellen in termen van I(V) model parameters. Hiermee kan het instelpunt, het stroomverbruik, het regelbereik en de instuurgrenzen afgeschat worden. Verder wordt het zwak niet-lineaire gedrag uitgedrukt in termen van 1^e, 2^e en 3^e orde Taylor coefficiënten van de I(V) karakteristiek van de VCCSen. Tenslotte worden symbolische expressies voor het ruisgedrag afgeleid, uitgedrukt in de transconductantie en Noise excess factor (NEF) van de VCCS. In hoofdstuk 8 worden ca. 50 CMOS transconductor circuits uit de literatuur geklassificeerd in 5 klassen van 2VCCS circuits. Daarna wordt de functionele kern van V-I converters met twee gematchte MOSTen onder de loep genomen. Het blijkt dat er 4 gevallen met wezenlijk verschillend gedrag bestaan, waarvoor formules worden afgeleid voor de transconductanctie, het dynamisch bereik en de voedingsstroom. De analyse geeft inzicht in de relatieve merites van verschillende circuits en in hun maximaal haalbare dynamisch bereik. Tenslotte worden de classificatie en analyse technieken toegepast op de in hoofdstuk 4 beschreven versterkertrap ontwerpen. Het blijkt dat de macro-modellen een

redelijk eerste orde afschatting geven van de simulatieresultaten.

* * *

SIMULATION AND OPTIMALISATION OF CIRCUIT-LEVEL RELIABILITY FOR LONG-TERM FAILURE MECHANISMS

D.C.L. van Geest
11 april 1997
Promotoren: prof. dr.-Ing. O.E. Herrmann en prof. dr. ir. A.C. Brombacher

In dit proefschrift wordt het onderzoek beschreven naar nieuwe algoritmen, modellen en werkmethoden voor het analyseren en optimaliseren van bedrijfszekerheid voor lange termijn faal-mechanismen. Er is specifiek gekeken naar elektrische circuits op het nivo van een printed circuit board. Hierbij is het lange termijn faalmechanisme elektromigratie, dat optreedt in geïntegreerde circuits, in detail uitgewerkt ter illustratie. Daar de beoogde toepassing in de vroege fasen van het ontwerpproces ligt, wanneer het produkt nog niet beschikbaar is voor het doen van metingen, words er gebruik gemaakt van computersimulatie om het gedrag te voorspellen. Het onderzoek bestaat uit twee hoofdonderdelen. Ten eerste het modelleren van lange termijn faal-mechanismen op een zodanige wijze dat het bruikbaar is op het nivo van een printed circuit board. En ten tweede het optimaliseren van de bedrijfszekerheid met inachtneming van andere, vaak functionele, ontwerpeisen. De ontwikkelde modelleringsmethode voor lange termijn faalmechanismen is afgeleid van de zogenaamde stressor /susceptibility modellerings-methode. Om de specifieke effecten van een lange termijn faalmechanisme te kunnen modelleren, zijn er een aantal nieuwe begrippen, "degradation-factor" en "drift-factor", ingevoerd. Het gebruik van deze modelleringsmethode is geïllustreerd door een uitgewerkt model van elektromigratie. De ontwikkelde algoritmen en werkmethoden voor het optimaliseren van de bedrijfszekerheid zijn afgeleid uit diverse concepten van de disciplines design centring, robust design en statistical process control. Hiervoor is gekozen vanwege het statistische karakter van het optreden van bedrijfszekerheidsproblemen. Door het definiëren van een nieuwe begrip, local process capability, en het gebruik ervan in de optimalisatie algoritmen is de convergentie naar het optimum significant sneller dan met de bestaande methoden. De nieuwe algoritmen, modellen en werkmethoden zijn getoetst door ze toe te passen bij een aantal proefprojecten bij Philips. Daarbij is gebleken dat ze significante voordelen bieden ten opzichte van de bestaande algoritmen, modellen en werkmethoden.

* * *

DEFECT BASED TEST SELECTION FOR LARGE MIXED-SIGNAL CIRCUITS

R. Arendsen
11 april 1997
Promotoren: prof. dr. -Ing. O.E. Herrmann en prof. dr. ir. A.C. Brombacher

De kwaliteit van de productietest voor geïntegreerde schakelingen bepaalt in hoge mate de kwaliteit en de bedrijfszekerheid van de IC's die goed bevonden worden. Voor digitale schakelingen bestaan standaard testmethodieken die tot acceptabele test resultaten leiden. Dit is niet het geval voor analoge en gemengd analoog/digitale schakelingen. Hier ontbreken gestructureerde testmethodes. In de praktijk wordt de productietest voor deze schakelingen gebaseerd op kwalitatieve grootheden en (indien mogelijk) ervaring met vergelijkbare IC's. In dit proefschrift wordt allereerst, aan de hand van enkele praktijkstudies, aangetoond dat deze wijze van handelen leidt tot het in gebruik nemen van IC's die niet aan het gewenste kwaliteitsniveau voldoen. Met de toenemende eisen ten aanzien van de kwaliteit van producten, wordt dit probleem in de toekomst alleen maar groter. Daarom wordt in dit proefschrift een gestructureerde methodiek uitgewerkt om te bepalen op welke wijze de IC's getest moeten worden voor een zo goed mogelijk testresultaat. De methodiek maakt gebruik van informatie over de defecten die optreden tijdens de productie en bekijkt de invloed die deze defecten hebben op de layout van de schakeling. De gegevens over de defecten worden verzameld door metingen die tijdens de productie worden uitgevoerd op speciaal hiervoor ontwikkelde teststructuren. In tegenstelling tot eerder werk op dit gebied, wordt de invloed van zowel globale als lokale defecten bekeken.

De invloed van lokale defecten op het gedrag van de schakeling, wordt in de gepresenteerde methodiek bepaald door middel van analoge foutsimulatie. Dit bracht een eigen probleem met zich mee: tot op heden gebeurde analoge foutsimulatie voornamelijk op transistorniveau. De complexiteit hiervan heeft tot gevolg dat analoge foutsimulatie alleen mogelijk is voor kleine schakelingen. Om de mogelijkheden ten

aanzien van analoge foutsimulatie te verbreden, wordt in het proefschrift de complexiteit gereduceerd. Dit wordt bereikt door alleen het deel van de schakeling dat zich in de buurt van de fout bevindt, op transistor niveau te beschrijven. Het overige deel van de schakeling wordt op hogere niveaus van abstractie beschreven. Door gebruik te maken van meerdere niveaus van abstractie, wordt de methodiek toepasbaar op grotere schakelingen. Aan de hand van enkele praktijkstudies op schakelingen uit de halfgeleider-industrie wordt getoond dat de verbeterde methodiek inderdaad analoge fout-simulatie van grote gemengd analoog/digitale schakelingen mogelijk maakt. Tenslotte wordt de op defecten gebaseerde methodiek voor het bepalen van de meest optimale wijze van testen, die in het proefschrift werd uitgewerkt, uitgevoerd op een gemengd analoog/digitale schakeling van realistische afmeting.

* * *

SUPPRESSING STICK- SLIP- INDUCED DRILLSTRING OSCILLATIONS: A HYPERSTABILITY APPROACH

L. van der Steen
24 april 1997
Promotoren: prof. dr. ir. van Amerongen en dr. ir. P.C. Breedveld

Olie- en gasputten worden overwegend geboord door middel van de 'rotary' methode. Hierbij wordt een boorbeitel vanaf de oppervlakte via een boorstang aangedreven. Het grootste deel van deze boorstang bestaat uit dunwandige, aaneengeschroefde pijpen. Het onderste deel, zo'n honderd tot driehonderd meter, is dikwandiger en zwaarder en geeft benedenwaarts gerichte kracht op de beitel tijdens het boren. Dit deel heeft een vrij groot massa-traagheidsmoment, terwijl het bovenste deel zich voornamelijk als een torsieveer gedraagt. De combinatie vormt een, doorgaans slecht gedempte, torsieslinger, die door niet-lineaire wrijving wordt geexciteerd. Dit mechanisme wordt aangeduid als 'stick-slip'. Gewoonlijk ligt de oscillatie-frequentie enigszins onder de grondfrequentie van deze torsieslinger. De periode is typisch 2-10 s. Deze torsietrillingen kunnen zeer hevig zijn. De beitel komt daarbij regelmatig tot stilstand, om dan weer tot ver boven zijn ontwerp-toerental te worden versneld. Dit gedrag is zeer schadelijk voor de boorstang en de beitel en het voorkomen ervan is van aanzienlijke economisch belang. Het dynamische gedrag van het systeem kan worden verbeterd door er demping aan toe te voegen. Daartoe wordt het stuurcircuit van de motor uitgebreid met een regelaar. Wegens de gevaren inherent aan het boren is bij het ontwerp van de regelaar prioriteit gegeven aan de betrouwbaarheid en stabiliteit van het systeem boven prestaties ten aanzien van trillingsdemping. De slecht bekende excitatie en wrijving aan de beitel, alsmede de praktijk om de aandrijving bij sommige werk-zaamheden onbelast te laten draaien, vormen een bron van onzekerheid. Ter verzekering van de stabiliteit is daarom in een vroeg stadium besloten dat de regelaar hyperstabiel (passief) moest zijn. De regelaar is daardoor elementair van aard; het equivalente mechanische model omvat slechts een torsieveer met visceuze demper. Het dynamische gedrag van het systeem wordt, van beneden naar boven, door de volgende componenten bepaald: de beitel, het dikwandige deel van de boorstang, het dunwandige deel, het aandrijfsysteem en de regelaar. In termen van elementaire mechanische componenten kunnen deze worden beschreven als een niet-lineair wrijvings-element, een vliegwiel, een torsieveer, een vliegwiel en een torsieveer parallel aan een visceuze demper. Deze eenvoudige structuur vertoont verrassend rijk dynamisch gedrag.

De bereikbare demping in het systeem wordt begrensd door het massatraagheidsmoment van de aandrijving en blijft aanzienlijk beneden de waarde die met optimale regelaars of andere technieken kan worden bereikt. Daarom is veel aandacht gegeven aan het verwerven van inzicht in de dynamica van het systeem en de afregeling. Er zijn verscheidene methoden onderzocht om het systeem af te regelen. Bij de eerste methode wordt verondersteld dat er geen informatie bestaat omtrent de excitatie en de momentane toestand van het systeem. Dit leidt tot het criterium van Gemaximaliseerde Minimum Demping en vereist samenvallende poolparen. Het meervoudige poolpaar bij bovengenoemde methode maakt een eenvoudige controle van de nauwkeurigheid van het gebruikte model mogelijk door de onderlinge afstand van de polen te onderzoeken bij toepassing van het meer volledige model. Om de theoretisch juiste locatie en afstemmingsvoorwaarden te vinden is een eenvoudig en doeltreffend algoritme ontwikkeld, het zogenaamde "wig algoritme". Bij de tweede methode wordt getracht de fluctuaties van de beitelsnelheid te minimaliseren in de zin van een kleinste kwadratensom. De derde methode behelst een numerieke optimalisatie van de afstemparameters zodanig dat de grensrotatiesnelheid waar beneden stick-slip trillingen kunnen optreden minimaal wordt.

Het hieraan ten grondslag liggende principe is dat van het creeren van zwevingen in de twee trillingstoestanden, die het oscillatieproces uitdoven. Het verhogen van de orde, en dus de complexiteit, van de regelaar met inachtneming van het hyperstabiliteitscriterium geeft geen noemenswaardige verbetering van de demping. Dit wordt veroorzaakt doordat de polen, die weliswaar verder van de Im{s}-as komen te liggen, in aantal en dus aan invloed toenemen, wat het gunstige effect van de verschuiving naar links nagenoeg geheel teniet doet. De massa en de veerstijfheid van een werkelijke boorstang zijn verdeeld over zijn lengte. Het model brengt dit in rekening als een veer met aan weerszijden een vliegwiel. De procedure van het toekennen van parameterwaarden aan deze componenten omvat het zo goed mogelijk gelijkstellen van de mechanische impedantie van het discrete model aan die van het gedistribueerd model. Hiertoe worden de impedanties uitgedrukt als functie van de Laplace variabele s waarbij zoveel mogelijk afgeleiden naar s in s=0 aan elkaar worden gelijk gesteld. Vervolgens wordt dit proces gegeneraliseerd tot een gestructureerde methode van toestandsreductie, waarbij de ingevoerde gegevens onmiddellijk worden verwerkt. Dit beperkt de benodigde reken- en geheugencapaciteit, waardoor de methode uitermate geschikt is voor toepassing in kleine, industriele computers met beperkte capaciteit. De nauwkeurigheid van de methode wordt gedemonstreerd door een pijp in 1000 secties te verdelen en de resultaten van het toestandsreduktie-algoritme te vergelijken met die van het werkelijke, verdeelde model. De behaalde nauwkeurigheid is beter dan 0,1%.

* * *

MULTIMEDIA SERVICES IN OPEN DISTRIBUTED TELECOMMUNICATIONS ENVIRONMENTS

P. Leydekkers
16 mei 1997
Promotoren: prof. ir. E.F. Michiels , prof. dr. ir. L.J.M. Nieuwenhuis en dr. ir. I.A. Widya

In de meeste Europese landen vindt een tweeledige verandering plaats op de telecommunicatiemarkt. Ten eerste wordt de traditionele monopolistische telecommunicatie operator die in handen is van de Staat geprivatiseerd en ten tweede wordt de markt waarop deze geprivatiseerde operator opereert opengesteld voor concurrentie van de kant van andere telecommunicatie leveranciers (waarvan sommigen zelf eveneens kort geleden geprivatiseerd zijn). Het nettoresultaat van deze veranderingen is een groeiend aantal uiteenlopende diensten en verlaging van de kosten van traditionele telecommunicatie diensten. Om effectief te kunnen concurreren moeten deze nieuwe telecommunicatie bedrijven een concurrentievoordeel vinden. Voor nieuwe diensten betekent dit dat deze van hoge kwaliteit moeten zijn, geavanceerde functionaliteiten moeten hebben en in een kort tijdsbestek geproduceerd moeten kunnen worden. Voor bestaande diensten is de voor de hand liggende keus prijsconcurrentie te voeren. De prijzen van diensten die worden aangeboden door vroegere staatsbedrijven kunnen echter aan regels gebonden worden, om het grote marktaandeel van deze bedrijven te verkleinen. In die situatie komt het accent op klantenzorg en kwaliteit te liggen. Als men dan ook nog let op de convergentie van de film- en televisiemarkt enerzijds en de videospelletjes-, computer- en telecommunicatiemarkten anderzijds, dan wordt het beeld zeer gecompliceerd.

Probleem omschrijving

Op deze snel veranderende markt ontstaat een probleem voor de traditionele telecommunicatie operators, omdat hun IT-infrastructuur nog niet in staat is om op doeltreffende wijze aan deze eisen te voldoen. Daar komt nog bij dat samenwerking tussen diensten die worden aangeboden door respectievelijk de computer-, telecommunicatie- en vermaaksindustrie moeilijk te realiseren is, omdat er een gebrek is aan transindustriële gestandaardiseerde interfaces. Standaardisatie-organisaties, zoals de ITU en ISO/IEC, en industriële consortia zoals de Object Management Group (OMG), de Digital Audio Visual Council (DAVIC), de Internet Engineering Task Force (IETF) en het Telecommunications Information Networking Architecture Consortium (TINA-C) zijn zich bewust van de behoefte aan standaarden om de samenwerking mogelijk te maken in een open, heterogene gedistribueerde omgeving. Er zijn aanzienlijke inspanningen verricht voor de ontwikkeling van gestandaardiseerde architecturen voor de specificatie, implementatie en inzet van gedistribueerde multimediadiensten. Door diverse oorzaken hebben deze inspanningen maar gedeeltelijk succes gehad. In de eerste plaats heeft de ontwikkeling van standaarden geen gelijke tred gehouden met de snelle veranderingen op de markt met zijn steeds toenemende concurrentie. Ten tweede zijn er concurrerende en onderling incompatibele

architecturen ontwikkeld. Ten derde hebben de meeste architecturen alleen betrekking op een deel van de bestaande problemen. Er bestaat geen allesomvattend kader waarin de verschillende standaarden geïntegreerd zouden kunnen worden.

Doelstellingen

Op basis van de hierboven genoemde problemen wordt in deze dissertatie verslag gedaan van een onderzoek naar het gebruik van het referentiemodel voor Open Distributed Processing (ODP-RM) als allesomvattend kader voor de standaarden voor gedistribueerde multimediadiensten in open heterogene omgevingen. Dit onderzoek vereist een bestudering van de compatibiliteit van het ODP-referentiemodel met diverse standaarden. Hiertoe wordt een vergelijking gepresenteerd van de door OMG, Microsoft, Bellcore, SPIRIT, OSF-DCE, IMA, TINA-C, DAVIC en ISO/ITU-T gekozen benaderingen met betrekking tot het ODP referentie model. In deze fase van het onderzoek wordt aandacht besteed aan de vraag welke verfijningen in het ODP-referentiemodel zouden kunnen worden aangebracht om het meer geschikt te maken voor toepassing op multimediadiensten. De waarde van deze verfijningen wordt vervolgens beoordeeld aan de hand van case studies.

Resultaten

Een overzicht van het ODP-referentiemodel wordt gegeven, met beschrijvingen van de basisbegrippen zoals object-oriëntatie, distributietransparanties en de vijf ODP-viewpoint talen. Op basis van actieve betrokkenheid bij de creatie van het ODP-referentiemodel gedurende een zestal jaren, alsmede werkzaamheden met de standaard binnen KPN Research, wordt geconcludeerd dat ODP een ideaal kader verschaft voor positionering van de verschillende aspecten van gedistribueerde systemen. ODP-RM levert ook inzicht op in gedistribueerde verwerking, waarbij duidelijk wordt dat de begrippen, regels en talen gedefinieerd in ODP-RM zeer nuttig zijn voor het modelleren en ontwerpen van gedistribueerde systemen. Maar de ODP-RM-standaard vindt desondanks geen volledige toepassing in de industrie, waar meer met de-facto standaarden wordt gewerkt (d.w.z. standaarden die buiten de officiële standaardisatie-organen om tot stand zijn gekomen) vanwege de beschikbaarheid van concrete implementaties. Om inzicht te krijgen in de de-facto standaarden voor gedistribueerde verwerking, wordt een indruk gegeven van de betrokken consortia en van hun werkterrein en onderlinge beïnvloeding. De consortia worden met elkaar vergeleken op basis van hun benadering met betrekking tot object-oriëntatie, toegepaste scheidingsprincipes en multimedia-concepten zoals die zijn opgenomen in hun specificaties voor een Distributed Processing Environment (DPE). Dit overzicht werpt licht op de behoefte aan een algemeen kader en op de rol die het ODP-standaardisatieproces kan spelen bij het streven naar combinatie van de architecturen van de-jure standaarden (d.w.z. geproduceerd door officiële standaardisatie-organen) en de-facto standaarden. Dit soort hybridische standaardisatie zou moeten leiden tot de creatie van een langdurig in stand blijvende architectuur waarin gebruik wordt gemaakt van door de verschillende consortia geleverde componenten. In de context van multimedia in DPE's worden de architecturen van DAVIC, MiTV, IMA en TINA besproken gezien de ondersteuning die zij bieden voor multimediadiensten. De in deze architecturen aangetroffen multimedia-concepten worden gepositioneerd vanuit de ODP information, computational en engineering viewpoints om betere vergelijking en toekomstige integratie mogelijk te maken. Op basis van dit onderzoek wordt geconcludeerd dat de verschillende consortia hun eigen (specifieke) oplossingen en concepten definiëren. Zoals te verwachten was zijn er grote onderlinge verschillen tussen deze oplossingen, vooral op het gebied van specifieke technologie. Op een hoger abstractieniveau (computational en engineering) bestaan er overeenkomsten, en alleen op dit niveau kan zinvol gebruik worden gemaakt van gemeenschappelijke terminologie. Dit betekent dat op het computational en engineering niveau multimediaconcepten gestandaardiseerd moeten worden (het leveren van interface-beschrijvingen enz.). Over de toepassing van bepaalde standaarden en specifieke technieken moet elk van de consortia dan zelf de belissing nemen.

Er is bij de voorbereiding van deze dissertatie veel werk verricht voor de toepassing van de computational en engineering viewpoints op de specificatie van en ondersteuning voor gedistribueerde multimedia-diensten. In het computational viewpoint worden de ODP-begrippen 'stream interface', 'environment contract', 'binding object' en 'binding action', die ontbraken in de vroege versies van de ODP-standaard, in deze dissertatie uitgewerkt. Opneming van deze uitbreidingen in zowel de ODP-standaarden als de TINA-C documenten is voorgesteld. De raakpunten tussen deze computational concepten en engineering concepten, zoals 'stream interface reference',

'engineering channel' en 'engineering channel establishment' worden eveneens besproken. Om deze concepten te toetsen is een prototype gebouwd van een 'multiparty multimedia binding object' dat van nut is voor gedistribueerde multimediadiensten. Voor opneming van de specificaties in multimedia platforms is verdere standaardisatie nodig. Deze zal de applicatie-ontwerper in staat stellen met hetzelfde gemak complexe multimedia 'binding objects' te gebruiken als de huidige 'operational bindings'. Naast functionele aspecten worden in deze dissertatie ook kwaliteits-aspecten (QoS) behandeld. Hiertoe wordt een algemene structuur van het begrip 'ODP environment contract' gedefinieerd met gebruikmaking van de TINA-C Object Definition Language (een uitbreiding van OMG IDL). Deze taal maakt specificatie mogelijk van de QoS-eigenschappen die specifiek zijn voor multimediatoepassingen in het computational viewpoint. Verder onderzoek is nodig voor completering van deze QoS-specificaties vanuit de vijf ODP viewpoints en voor vaststelling van de relatie tussen de ODP viewpoints. Vooral de relatie tussen de computational QoS-specificaties en de engineering specificatie (b.v. de relatie met systeemeigenschappen) vormt een uitdagend research-onderwerp. Tot slot worden twee case studies (multimedia vergaderdienst en synchronisatiedienst) gepresenteerd ter illustratie van de in deze dissertatie voorgestelde multimedia-uitbreidingen en geïntroduceerde ontwerp methoden. Het TINA-levenscyclus model wordt als kader gebruikt voor structurering van de specificaties. Aangezien het model weinig details bevat wordt het aangevuld met de ODP viewpoint talen, de 'enterprise template' van de ITU-T studiegroep 15 en begrippen uit de Object Modelling Technique (OMT). De case studies bevestigen de waarde van de voorgestelde uitbreidingen voor multimedia en zijn gebaseerd op onderzoek met prototypes verricht bij KPN Research.

* * *

STRESS AND STRAIN IN ATHEROSCLEROTIC ARTERIES DURING ANGIOPLASTY

J. Steenhuijsen
29 mei 1997
Promotoren: prof. dr. H.B.K. Boom en dr. ir. S.R. Vaartjes

Hart- en vaatziekten zijn nog steeds de eerste doodsoorzaak in de westerse wereld. Angioplastie wordt beschouwd als een effectieve techniek om de consequenties van deze ziekten te behandelen. Korte-termijn complicaties vinden plaats in slechts 2,5% van de patiënten. Echter, binnen 6 maanden na angioplastie lijdt 25 tot 40% van de patiënten aan restenose; een terugkerende vernauwing van de behandelde arterie. De mechanica van de arteriën speelt een belangrijke rol bij de beschrijving van het arteriële systeem als een transportsysteem van bloed en voeding. Veranderingen in arteriële stijfheid zijn gevonden in relatie met zowel atherosclerose als leeftijd. Hoewel angioplastie een zeer brute procedure is, is een mechanische beschrijving ervan niet beschikbaar in de literatuur. De invloed van angioplastie op de mechanische parameters van de behandelde arterie is ook slecht begrepen. Een introductie in het onderwerp van de dissertatie wordt gegeven in hoofdstuk 1. Hoofdstuk 2 geeft een uitgebreidere behandeling van de anatomie en mechanica van de arteriële wand en beschrijft enkele revascularisatie procedures. De experimentele opstelling wordt beschreven in hoofdstuk 3. Humane femoraal arteriën werden opgespannen in een plexiglas bak gevuld met Tyrode-oplossing. Een angioplastie-catheter kon opgevoerd worden zodat ex vivo angioplastie op de segmenten kon worden uitgevoerd. Tijdens angioplastie werden ballondruk en arterie-diameter bepaald. De druk in de ballon bestaat uit twee componenten: de druk die benodigd is om de ballon op te blazen en de druk die benodigd is om de arterie op te rekken. Als de ballon buiten de arterie wordt op-geblazen met dezelfde snelheid als tijdens angioplastie, kan de druk die benodigd is om de arterie te dilateren berekend worden als het verschil in de drukken tijdens het opblazen van de ballon in en buiten de arterie. Dit verschil noemen we de dilatatiedruk.

De invloed van scheurvorming van de arterie op de mate van restenose is nog onduidelijk. Verhoogde restenose-aantallen zijn zowel bij aanwezigheid als bij afwezigheid van arteriële scheuren waargenomen Een probleem in het beslechten van deze discussie is dat het ontstaan van de scheur niet waargenomen kan worden tijdens angioplastie. In hoofdstuk 4 wordt een methode beschreven waarmee het ontstaan van scheuren gedetecteerd kan worden aan de hand van de drukontwikkeling in de ballon. We vonden dat een afbuiging in de ontwikkeling van de ballondruk, gedefinieerd als een discontinuiteit in de helling van de druk-tijd relatie, in 95% van de gevallen het resultaat is van scheurvorming in de arteriële wand. Gebruik van deze methode in de kliniek kan meer informatie

opleveren over het ontstaan van scheuren en over de relatie tussen scheuren en restenose. Op deze manier kan het gebruik van invasieve methoden als intravascular ultrasound of angiographie verminderd worden. De spanning-rek relatie van arteriën tijdens angioplastie wordt onderzocht in hoofdstuk 5. Deze relatie blijkt significant niet-lineair te zijn. We beschreven de relaties met behulp van een Voigt model met een niet-lineair rekafhankelijke elasticiteit en een constante viscositeit. We vonden dat de visceuze spanning in de arteriën tijdens angioplastie nul is, wat tot de conclusie leidde dat het gedrag van de arteriën tijdens angioplastie in essentie elastisch is. Er werd echter een significante invloed van de reksnelheid op de steilheid van de spanning rekrelatie, beschreven als de specifieke rek, gevonden. Als de dilatatie sneller wordt uitgevoerd, zal een verdubbelde spanning gevonden worden bij een hogere rek. De rek op het moment waarop scheurvorming plaatsvindt is ook hoger als hogere reksnelheden worden toegepast. Deze observaties leiden tot de conclusie dat angioplastie met hoge reksnelheid moet worden uitgevoerd. Gemodificeerde procedures zoals beschreven in de literatuur, waarin lage reksnelheden en lange inflatietijden toegepast worden, zullen op grond van onze bevindingen niet tot betere resultaten leiden.

De dilataties die we uitvoerden lieten de mechanische eigenschappen van de arterie wand onveranderd (hoofdstuk 6). Elasticiteit, viscositeit, distensibiliteit en minimale diameter waren niet significant toegenomen na angioplastie. Dit betekent dat het werkingsmechanisme van angioplastie zoals dat gesuggereerd wordt door Botas en anderen - toegenomen distensibiliteit als gevolg van losscheuren van de plaque van de media - niet valide is. Een ander mechanisme moet voorgesteld worden. Het beschrijven van de spanning en de rek in atherosclerotische arteriën tijdens angioplastie in een model dat anisotropie en inhomogeniteit toelaat kan het begrip van de mechanismen van angioplastie verder vergroten.

* * *

NUMERICAL MODELLING OF FLOWS IN MICRO MECHANICAL DEVICES

J.C.C. van Kuijk
5 juni 1997
Promotoren: prof. dr. M.C. Elwenspoek en dr. J. Elders

Het belangrijkste thema in dit proefschrift is het numeriek modelleren van gekoppelde mechanika-fluïdum (MF) problemen, welke voorkomen in mikromechanische produkten. De eindige elementen methode (EEM) wordt toegepast voor de fluïdische en mechanische berekeningen zelf. Voor het koppellen van deze berekeningen is een simulatie programma ontwikkeld genaamd "FAME". Uit een literatuuronderzoek blijkt dat een relatief "root aantal fluïdische MST produkten flexibele onderdelen hebben, zoals membranen. Een stroming langs zo'n flexibel deel veroorzaakt een vervorming van die mechanische struktuur waardoor de stroming wordt beïnvloed. Deze verandering zal op zijn beurt de vervorming van de mechanische struktuur weer beïnvloeden, enzovoorts. Het opstellen van wiskundige modellen voor deze MF-interaktie is een zeer complexe zaak welke liever achterwege gelaten wordt. Om te beoordelen of dit geoorloofd is, is het eerder genoemde simulatie programma FAME ontwikkeld waarbij de model berekeningen gedaan worden. Het zal duidelijk zijn dat de resultaten van gekoppelde berekeningen gebruikt kunnen worden om een mechano-fluïdisch produkt te optimaliseren. Het is echter niet altijd mogelijk om eindige elementen modellen op te stellen voor het komplete systeem, vooral niet als ook nog de koppeling met de vervormbare mechanika in rekening wordt gebracht. In de meeste situaties kunnen den slechts onderdelen worden doorgerekend. Bijvoorbeeld, de berekening van de MF-koppeling in een mikro-pompje is alleen in de nabijheid van de kleppen relevant. De resultaten van een dergelijke klep-simulatie kunnen den gevat ("fitted") worden in een analytische uitdrukking, net zoals dat het geval is bij wiskundige oplossingen van differentiaal-vergelijkingen of experimentele data. Met deze vereenvoudigde weergave kunnen sub-modellen gemaakt worden. Afhankelijk van de toepassing worden die ook wel "macro" of "lumped-element" genoemd. In een hogere programmeer omgeving kan dan het komplete pompje worden gemodelleerd en gesimuleerd; zoals met behulp van CAMAS of PSPICE . De keuze voor een dergelijk programma wordt voornamelijk ingegeven door het gegeven dat de eerder genoemde makros meestal niet-lineaire functies zijn met mogelijke singulariteiten. De oplossings-routines van het programma moeten dus zeer robuust en betrouwbaar zijn.

Het eigenlijke programma FAME is zodanig opgezet dat het ieder 2-dimensionaal MF-probleem doorrekent door middel van een "element-by-element" partitie; het opsplitsen in deelproblemen. Het probleem wordt dus

niet als één grote wiskundige vergelijking beschouwd. Het gebruik van het opsplitsen heeft als voordeel dat bestaande commerciële programmatuur gebruikt kan worden voor de afzonderlijke domein berekeningen. Door het toepassen van deze probleem partitie, is het gebruik van relaxatie iteratie technieken in het totaal MF probleem noodzakelijk. Voor het doorrekenen van de deel problemen worden meestal niet-lineaire oplossingsroutines gebruikt. Er is echter een optie in het programma ingebouwd om alleen in de laatste paar gekoppelde iteraties de niet-lineaire routines te gebruiken. Dit levert vaak een aanzienlijke tijdswinst op voor het doorrekenen van een probleem. Een ander belangrijk punt in de gekoppelde berekeningen is de manier waarop het mechanische en fluïdische EEM-net ("mesh") vervormen. Aan het einde van het proefschrift illustreren twee voorbeelden het programma FAME; een oog-druk-regelaar en een geregelde klep. Het model voor de oogdruk-regelaar heeft een uniform flexibel membraan waarvoor 1-dimensionale membraan elementen gebruikt worden. Het model voor de geregelde klep maakt gebruik van 2-dimensionale mechanische elementen. De resultaten van de FAME simulaties zijn weergegeven in druk-stromings grafieken, of eigenlijk als fluïdische weerstanden. De resultaten van de simulaties van de oog-druk-regelaar voldoen aan de verwachting: Het punt van maximale membraan uitwijking verschuift afhankelijk van stroomsnelheid en actuator druk. Bovendien kloppen de membraan vervorming van het membraan en de drukverdeling over het membraan kwalitatief. Het is tot op heden helaas niet mogelijk om de stromingsweerstand van de geregelde klep uit de meetdata te halen. Ondanks dat kunnen de simulaties van deze tweede klep wel vergeleken worden met de maximale uitwijking van de klep. Er zijn slechts enkele meetpunten beschikbaar, maar toch zitten de fouten van de simulaties binnen een nauwkeurigheid van 10 %. De simulaties hebben een enorme bijdrage geleverd aan het inzicht in hoe de stromingen door de kleppen het gedrag beïnvloedt.

* * *

A POLYMER CONDENSER MICROPHONE REALISED ON SILICON CONTAINING PREPROCESSED INTEGRATED CIRCUITS

M. Pedersen
22 augustus 1997
Promotor: prof. dr. ir. P. Bergveld

Dit proefschrift beschrijft het werk dat is verricht aan het onderzoek en de ontwikkeling van een condensatormicrofoon in silicium, waarbij de elektrische schakeling voor het uitlezen van het meetsignaal geïntegreerd is. Hoofdstuk 1 bevat een introductie tot het meten van akoestische druk met condensatormicrofoons, hierbij ligt de nadruk op een aantal belangrijke concepten en definities. Dit leidt direct tot het hoofddoel van dit project, aangezien duidelijk wordt gemaakt dat integratie van de microfoon met de elektronica tot een verbetering van de prestaties kan leiden. Vanwege de extra inspanning die nodig is voor het integreren van de microfoon met de elektronica, is het noodzakelijk om van tevoren de mogelijke verbeteringen af te wegen tegen de inspanning die nodig is om tot een geïntegreerd ontwerp te komen. In hoofdstuk 2 wordt het begrip systeemintegratie tot in detail beschreven en onderzocht, om tot een passende methode te komen voor het analyseren van geïntegreerde sensoren, zoals microfoons. Het blijkt dat integratie altijd een afweging is van ontwikkelingskosten tegen mogelijke verbeteringen van het systeem, zoals prestatie, flexibiliteit, stabiliteit, miniaturisatie, en/of lagere productiekosten. Verder wordt betoogd dat er voor ieder systeem een bepaald integratieniveau bestaat waarbij verder integreren niet economisch haalbaar is vanwege de hoge ontwikkelingskosten in vergelijking tot eventuele technische verbeteringen. Een literatuuronderzoek naar de tot nu toe ontwikkelde geïntegreerde silicium sensoren toont aan dat het grootste probleem de compatibiliteit van sensorfabricage en fabricage van de elektrische schakeling is. Integratie van de microfoon met de elektronica is niet de enige manier waarop de prestaties van het systeem kunnen worden verbeterd; het is net zo belangrijk om de eigenschappen van de microfoon goed te begrijpen om het optimale ontwerp te vinden. Twee gedetailleerde modellen die hiervoor kunnen worden gebruikt worden in hoofdstuk 3 opgesteld en uitgelegd. Het eerste model beschrijft de quasi-statische toestand van de microfoon en kan worden gebruikt voor het optimaliseren van de stabiliteit van de (in principe instabiele) structuur ervan. Het tweede model beschrijft het dynamische gedrag van de microfoon, en behandelt de overgang van het akoestische naar het elektrische domein en het gedrag van het detectiecircuit. Het dynamische model geeft informatie over de gevoeligheid, frequentie-respons en het ruisniveau van de microfoon. Door combinatie van de twee modellen, die allebei numeriek opgelost dienen te worden, wordt duidelijk hoe een gegeven microfoonstructuur geoptimaliseerd kan worden qua prestaties en stabiliteit.

Hoofdstuk 4 behandelt de ontwikkeling van een fabricageproces voor condensatormicrofoons dat compatibel is met fabricageprocessen voor geïntegreerde schakelingen, zoals het CMOS proces. Een literatuuronderzoek naar de compabiliteit van bestaande fabricageprocessen voor microfoons met het CMOS proces leidt tot de conclusie dat geen van deze processen op een simpele en reproduceerbare manier kan worden gecombineerd. Op basis van een analyse van de tekortkomingen van de huidige processen wordt een nieuwe technologie, gebaseerd op polyimide, voorgesteld, gebruikt en getest. Naar aanleiding van de testresultaten kan geconcludeerd worden dat een op deze manier gemaakte microfoon plus geïntegreerd detectiecircuit de gewenste prestatieverbetering kan leveren. De harmonische vervorming van het signaal van condensatormicrofoons in silicium wordt in hoofdstuk 5 behandeld. Het blijkt dat vervorming een belangrijke beperking vormt voor dit soort microfoons, vanwege de zeer kleine (<5 mm) luchtspleet tussen het membraan en de starre plaat (backplate) van de microfoon. Een theoretisch model voor het vervormingsgedrag is opgesteld op basis van het reeds beschreven quasi-stastische model uit hoofdstuk 3, en de resultaten zijn vergeleken met metingen aan de polyimidemicrofoons van hoofdstuk 4. Hieruit blijkt dat het model het gedrag goed beschrijft en dat het zijn nut kan bewijzen bij het ontwerpen en dimensioneren van de microfoons. Hoofdstuk 6 bevat een beschrijving van de detectie schakeling voor de geïntegreerde microfoon. De schakeling bevat een voorversterker, een DC-DC spanningsvermenigvuldiger en een op-amp. De voorversterker is nodig om de hoge uitgangsweerstand van de microfoon zodanig te reduceren dat een externe versterker kan worden aangesloten en moet zodanig ontworpen worden dat het ruisniveau zo laag mogelijk is, terwijl het benodigde vermogen laag blijft. De spannings-vermenigvuldiger is nodig om de hoge biasspanning voor de microfoon (>15 V) te kunnen leveren uit een lage batterijspanning (2.4 V). Twee nieuwe ontwerpen van deze schakeling zijn voorgesteld, waarbij spanningen tot 20 V kunnen worden gemaakt van uit een spanning van 2.4 V. De op-amp kan worden gebruikt voor extra on-chip versterking van het microfoonsignaal. In hoofdstuk 7 wordt de polyimide microfoon uit hoofdstuk 4 gecombineerd met de elektrische CMOS schakelingen uit hoofdstuk 6, zodat een geïntegreerde microfoon ontstaat met een vlakke frequentierespons (±3 dB) van 100-15000 Hz, een gevoeligheid van 10 mV/Pa bij een voedingsspanning van 1.9 V en een ruisniveau van 26 dB(A) SPL. Andere capacitieve sensoren die zijn gemaakt met de polyimide technologie worden in hoofdstuk 8 beschreven. De ontwikkeling van een druksensor en een versnellingsopnemer met hetzelfde fabricageproces als voor de microfoons gebruikt werd, toont aan dat polyimide gebruikt kan worden voor allerlei sensoren en dat het fabricageproces dus generiek is. Hoofdstuk 9 bevat de algemene conclusies van het project samen met een paar voorstellen voor toekomstig onderzoek.

* * *

A HIGHLY SYMMETRICAL CAPACITIVE TRIAXIAL ACCELEROMETER

J.C. Lötters
28 augustus 1997
Promotor: prof. dr. ir. P. Bergveld

In dit proefschrift wordt het ontwerp, de realisatie en de karakterisatie van een drie-assige versnellings-opnemer voor biomedische toepassingen beschreven. Zoals aangegeven in hoofdstuk 1 zijn verscheidene biomedische bewegings-analysemethodieken gebaseerd op de specifieke eigenschappen van een drie-assige versnellingsopnemer. Uit hoofdstuk 2 blijkt echter dat er tot nu toe nog geen enkele drie-assige versnellings-opnemer beschikbaar is die voldoet aan alle eisen van de biomedische toepassing. In dit proefschrift wordt daarentegen een drie-assige versnellingsopnemer gepresenteerd die wel aan de specificaties voldoet. In hoofdstuk 3 worden de structuur en de theoretische elektromechanische overdrachtsfunctie van de zeer symmetrische capacitieve drie-assige versnellings-opnemer beschreven. In hoofdstuk 4 wordt een aantal mogelijke uitvoeringsvormen van het sensorontwerp gepresenteerd dat is ontstaan aan de hand van de theorie van hoofdstuk 3. In hoofdstuk 5 wordt het polymeer polydimethylsiloxaan (PDMS) beschreven dat wordt gebruikt als veermateriaal. Meetresultaten tonen aan dat PDMS een zeer flexibel rubber-elastisch materiaal is, dat goed kan worden toegepast als veermateriaal in mechanische sensoren. In hoofdstuk 6 wordt een gevoelige differentiële capaciteit naar spanning omzetter (CVC) gepresenteerd. De specifieke voordelen van deze CVC in vergelijking met andere CVC's zijn de volgende: hij is ongevoelig voor parasitaire weerstanden en condensatoren die parallel of in serie staan met de sensor, hij kan zowel statische als dynamische variaties in capaciteit meten in het brede frequentiebereik van DC tot en met minimaal 10 kHz, hij elimineert ongewenste common mode signalen vanwege zijn symmetrische opbouw en hij kan

makkelijk worden opgebouwd uit losse componenten. In hoofdstuk 7 wordt de sensorfabricage omschreven. De cleanroom-processen en -technologie en de afmonteerprocedure worden beschreven voor zowel de eerste prototypes als voor de uiteindelijke versie van de sensor. Verscheidene zeer symmetrische geminiaturieerde kubusvormige capacitieve drie-assige versnellings-opnemers zijn afgemonteerd. De afmetingen van de sensoren zijn $2\times2\times2$ mm^3 en $5\times5\times5$ mm^3. In hoofdstuk 8 worden de meetresultaten weergegeven en besproken. De gemeten waarden voor de statische en dynamische gevoeligheid, resolutie van het sensorsysteem, lineariteit en overspraak tussen de assen worden vergeleken met de berekende waarden. Verschillen tussen de berekende en gemeten waarden worden besproken en er wordt een aantal suggesties voor de optimalisatie van het sensorontwerp gegeven. In het algemeen kan worden gesteld dat de gerealiseerde versnellingsopnemers aan de specificaties voldoen.

In hoofdstuk 9 wordt een calibratieprocedure gepresenteerd waarmee het mogelijk is de gevoeligheden en de offsets van een drie-assige versnellings-opnemer te calibreren tijdens het uitvoeren van metingen aan een patiënt. De calibratie-procedure heeft slechts willekeurige bewegingen nodig als ingangssignaal en kan binnen enkele minuten worden uitgevoerd. Het is gebleken dat het mogelijk is om met deze calibratieprocedure, wanneer alleen de offsets worden geschat, in praktische situaties, zoals het maken van lichte bewegingen tijdens rechtop staan, de gemiddelde fout in de geschatte versnelling te beperken tot maximaal 3 %. In hoofdstuk 10 worden twee voorbeelden van medische toepassingen beschreven. Eerste voorbeeld is de registratie van stijfheid bij Parkinsonpatiënten, tweede voorbeeld is de registratie van versnellingen gedurende stilstaan. De test-meting aan Parkinsonpatiënten heeft de bruikbaarheid van de drie-assige versnellings-opnemer aangetoond voor het registreren van stijfheid, tremor en andere bewegingsstoringen. De drie-assige versnellingsopnemer was gevoelig genoeg om verschillen in beweging bij gezonde personen die stilstaan te kunnen waarnemen. Tenslotte worden in hoofdstuk 11 conclusies getrokken en wordt een aantal suggesties gegeven voor ontwerpverbeteringen en toekomstig onderzoek.

* * *

DEPOSITED INTERPOLY DIELECTRICS FOR NON-VOLATILE MEMORIES

J.H. Klootwijk
29 augustus 1997
Promotoren: prof. dr. H. Wallinga, prof. P.H. Woerlee en dr. ir. H. van Kranenburg

Dit proefschrift beschrijft de ontwikkeling van gedeponeerde diëlectrica welke gebruikt kunnen worden als inter-polysilicium diëlectricum voor toepassing in niet vluchtige geheugens (EEPROMs). Een EEPROM is een elektrisch programmeerbaar en wisbaar geheugen dat onder normale omstandigheden alleen gelezen kan worden. Data kan elektrisch worden opgeslagen d.m.v. het opslaan van elektronen op een zogenaamde zwevende gate. Deze gate is elektrisch afgesloten van de buitenwereld door een diëlectricum en is alleen capacitief gekoppeld aan omringende aansluitingen. Dit diëlectricum is erg belangrijk, omdat het moet zorgen voor een goede isolatie tussen de eerste en tweede polysilicium laag. In de VIPMOS EEPROM cel vervult het inter-polysilicium diëlectricum een extra rol. Deze cel wordt namelijk gewist door elektronen te laten tunnellen door het interpoly diëlectricum. Dit gebeurt door het aanbrengen van een spanning op een additionele wis-gate, waardoor de elektronen van de floating gate, via dit diëlectricum naar de wis-gate worden gedreven. Belangrijke kenmerken van een EEPROM zijn endurance en retentie. De endurance van een EEPROM is gedefinieerd als het aantal programmeer/wis cycli dat een cel kan weerstaan, voordat deze onbruikbaar wordt. De retentie van een EEPROM wordt gedefinieerd als de tijd dat opgeslagen data onveranderd bewaard en gelezen kan worden. De kwaliteit van het inter-polysilicium diëlectricum bepaalt in sterke mate de elektrische eigenschappen van de geheugencel. Het bijzondere van dit diëlectricum is dat het niet op monokrystallijn silicium worden gegroeid zoals standaard gate-oxydes, maar op polykristallijn silicium, hetgeen voor extra complexiteit zorgt.

Een belangrijke parameter die de elektrische eigenschappen van diëlectrica beïnvloedt is de ruwheid van de onderliggende laag, wanneer deze als injecterende electrode wordt gebruikt. Monokristallijn silicium heeft een erg vlak oppervlak. Polykristallijn silicium daarentegen heeft vaak een ruw oppervlak. Door de silicium lagen amorf te deponeren i.p.v. polykristallijn kan het oppervlak van deze laag erg vlak worden gemaakt. Wanneer nu een standaard

thermisch gegroeid oxyde zou worden gebruikt, zou dit tot verruwing van de polysilicium laag leiden, vanwege de versnelde oxydatie van korrel grenzen en eventuele ongewenste groei van korrels, en tot incorporatie van dotering-stof in de oxyde laag, hetgeen de elektrische eigenschappen nadelig beïnvloedt. Door op de vlak gegroeide polysilicium lagen een oxyde te deponeren i.p.v. thermisch te groeien, kan de verruwing worden tegengegaan. Een nadeel van gedeponeerde oxydes is dat ze elektrisch veel slechtere eigenschappen hebben dan de thermisch gegroeide oxydes. Dit maakt het noodzakelijk om gedeponeerde oxydes na te behandelen. waarvoor verschillende behandelingen, zoals O_2, N_2 en N_2O, mogelijk zijn. Voor de elektrische evaluatie van de ontwikkelde lagen zijn in eerste instantie simpele capaciteits-structuren gebruikt, welke d.m.v. Q_{BD} (Charge to breakdown metingen, dit is de hoeveelheid lading die door een oxyde kan worden gestuurd totdat het oxyde doorslaat) en I-V metingen zijn gekarakteriseerd. Hieruit werd gevonden dat een combinatie van vlak gedeponeerde polysilicium lagen, gedeponeerde oxydes en een geoptimaliseerde nabehandeling in N_2O omgeving de beste resultaten geeft, waarbij typisch gevonden waarden zijn: $Q_{BD} \sim 25\ C/cm^2$ en lage lekstromen ($I < 10$ pA voor $V < 15$ V). Om de werking van het ontwikkelde recept op device niveau te testen zijn volledige EEPROM's geprocessed, waarin duidelijk is geworden dat het recept leidt tot een vergroting van het aantal programmeer/wis cycli met ongeveer een factor 10 dat een device weerstaat voordat het kapot gaat. Ook de retentie, voor zover gemeten, lijkt te voldoen aan industriële eisen.

OPROEP AAN NERG LEDEN DIE TEVENS IEEE LID ZIJN

In NERG Tijdschrift deel 61-nr.3-1996 staat op blz 94 vermeld dateen NERG-lid dat tevens lid is van het IEEE 10% korting krijgt op zijn NERG contributie. Het NERG voert deze korting in met ingang van contributiejaar 1998.
Leden die toegang hebben tot internet kunnen informatie hierover ook vinden vinden op onze internet World Wide Web-site: www.nerg.nl

Om voor deze korting in aanmerking te komen dient u het NERG-secretariaat zo spoedig mogelijk, maar **uiterlijk 5 januari 1998**, op de hoogte te stellen van uw IEEE lidmaatschapnummer. U dient hierbij tevens uw NERG lidmaatschapnummer te vermelden (Dit NERG lidmaatschapsnummer kunt u vinden op het adres-etiket van de aan u toegezonden convocaten en tijdschriften).

U kunt ons informeren op één van de volgende manieren:

- U schrijft een briefje naar het NERG secretariaat, Postbus 39,
  2260 AA Leidschendam, met de volgende tekst:

  Naam: ....
  Adres: ....
  NERG lidmaatschapsnummer: ....
  IEEE lidmaatschapsnummer: ....
  wenst in aamerking te komen voor korting op zijn NERG contributie
  met ingang van 1 januari 1998.

  Handtekening:

  Datum:

- U kunt ook een bericht met deze tekst per e-mail sturen naar
  ons secretariaat. Het adres is: secretariaat@nerg.nl

Ir. G.J. de Groot
Secretaris NERG

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

deel 62-nr.4-1997

INHOUD

Druk: Drukkerij Van Ek, Driebergen